

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PERANCANGAN MESIN UJI IMPACT VERTIKAL BATANG
HOPKINSON BERINSTRUMENTASI

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

ABDUL RAHMAN
13072301887



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

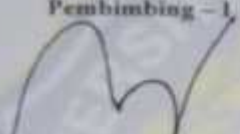
LEMBAR PENGESAHAN - I
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PERANCANGAN MESIN UJI IMPACT VERTIKAL BATANG
HOPKINSON BERINSTRUMENTASI

Disusun Oleh :

ABDUL RAHMAN
1307230187

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing - I

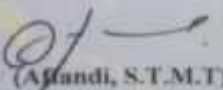

(Dr. Eng Rakhmad Arief Siregar)

Pembimbing - II


(M. Yani, S.T., M.T.)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin


(Afandi, S.T.M.T.)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN - II
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PERANCANGN MESIN UJI IMPACT VERTIKAL BATANG
HOPKINSON BERINSTRUMENTASI

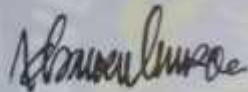
Disusun Oleh :

ABDUL RAHMAN
1307230187

Telah Diperiksa dan Diperbaiki
Pada Seminar Tanggal 08 September 2018

Disetujui Oleh :

Pembanding – I



(Khairul Umurani, S.T., M.T)

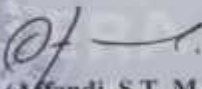
Pembanding – II



(Ahmad Marabdi Srg, S.T., M.T)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin



(Afandi, S.T., M.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Street No. 3 Telp. (061) 8811222 - 8824007 -
8823400 - 8810450 - 8819056 Fax. (061) 8825474 Medan 20228
Website : <http://www.umsu.ac.id>

DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA

Nama Mahasiswa : Abdul Rahman
NPM : 1307230187
Semester : X
SPESIFIKASI : Perancangan Mesin Uji Impact Vertikal Batang
Hopkinson Berinstrumentasi

Diberikan Tanggal : 20 Nopember 2017
Selesai Tanggal : 1 Maret 2018
Asistensi : Seminggu Sekali
Tempat Asistensi : Fakultas Teknik UMSU

Diketahui oleh :
Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Affandi, S.T.M.T)

Medan, 1 Maret 2018
Dosen Pembimbing - I

(Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Alamat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Sila memuat buku ini agar diterbitkan
nama dan tanggalnya

DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

NAMA : Abdul Rahman PEMBIMBING I : Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar

NPM : 1307230187 PEMBIMBING II : M.Yani, S.T., M.T.

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1	4/10/17	Memeriksa bab 1 & 2	
2	3/3/18	Memeriksa bab 2	
3	2/6/18	Memeriksa bab 3 & 4	
4	2/7/18	Memeriksa bab 4	
5	4/7/18	Memeriksa bab 4	
6	20/7/18 25/8/18	Memeriksa bab 4 Memeriksa Pemb. II	
7	25/8/18	Perbaiki format penulisan kawat panduan	
8	26/8/18	Perbaiki flowchart pd bab II	
9	27/8/18	Perbaiki daftar pustaka kemudian ke pembimbing I	
	28/8/18	All Summer	

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta seminar

Nama : Abdul Rahman

NPM : 1307230187

Judul Tugas Akhir : Perancangan Mesin Uji Impact Vertikal Batang Hopkinson Berinstrumentasi.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Dr.Rakhmad Arief Srg.M.Eng
Pembimbing – II : M.Yani.S.T.M.T
Pembanding – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Pembanding – II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1401230169	SAKBAN SALEH
2	1207230012	Roy Armanayah Veri
3	1307230176	Dhany Fajar Iesman
4	1207230166	Ahmad A. L. Temanggur
5	1201230096	Sodikin
6	1307230103	MUHAMMAD RUKY NASUTION
7	1307230111	Anghori Efendi
8	1401230296	Ahmad F.A.D. Sagar
9			
10			

Medan, 27 Dzulhijjah 1439 H
08 September 2018 M

Ketua Prodi. Teknik Mesin

Affandi.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Abdul Rahman
NPM : 1307230187
Judul T.Akhir : Perancangan Mesin Uji Impact Vertikal Batang Hopkinson Berinstrumentasi

Dosen Pembimbing - I : Dr.Rakhmad Arief Siregar.M.Eng
Dosen Pembimbing - II : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain:
- Kerbul Bab 1, pendahuluan, tujuan, rumusan, alat dan bahan, prosedur.*
2. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 27 Dzulhijjah 1439H
08 September 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin

Affandi
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembimbing- I

Khairul Umurani
Khairul Umurani.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Abdul Rahman
NPM : 1307230187
Judul T.Akhir : Perancangan Mesin Uji Impact Vertikal Batang Hopkinson Berinstrumentasi

Dosen Pembimbing - I : Dr. Rakhmad Arief Siregar, M.Eng
Dosen Pembimbing - II : M. Yani, S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Khairul Umurani, S.T.M.T
Dosen Pemanding - II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T.M.T

KEPUTUSAN

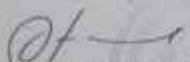
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (colloquium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (colloquium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Lihat laporan Tugas Sarjana
 - kesesuaian Judul, Tujuan dan Kesimpulan
 - kesesuaian Kutipan dan Daftar pustaka
3. Harus mengikuti seminar kembali

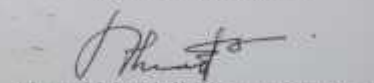
Perbaikan :

Medan 27 Dzulhijjah 1439H
08 September 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin

Dosen Pemanding- II


Afandi, S.T.M.T


Ahmad Marabdi Siregar, S.T.M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abdul Rahman
Tempat/Tgl Lahir : Kuala Tanjung, Desa Lalang, 21 Febuari 1995
NPM : 1307230187
Bidang Keahlian : Konstruksi Dan Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana (skripsi) saya ini yang berjudul :

PERANCANGAN MESIN UJI IMPACT VERTIKAL BATANG HOPKINSON BERINSTRUMENTASI

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Agustus 2018
Saya yang menyatakan,



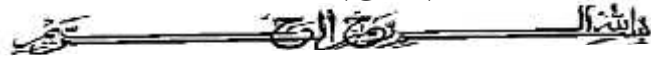
ABDUL RAHMAN

ABSTRAK

Pengujian suatu material sangatlah penting dilakukan, karena dapat mengetahui layak dan tidak layaknya suatu material. Pengujian yang dilakukan untuk menentukan kekuatan terhadap material dibutuhkan berbagai macam alat uji yang cocok antara lain yaitu dengan uji impact. Seiring dengan kemajuannya teknologi pengujian impact banyak mengalami perkembangan dari pengujian dengan metode impact charpy dan izod sampai dengan pengujian impact dengan metode menggunakan tekanan pneumatik. Dengan beragamnya pengujian impact yang dilakukan dibutuhkan pemikiran-pemikiran bagaimana cara untuk menciptakan suatu penemuan-penemuan dan penyempurnaan/modifikasi sangat diperlukan untuk meningkatkan kerja mesin yang lebih efisien tanpa mengurangi kualitas dan kuantitasnya. Tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana cara untuk membuat mesin uji impact yang lebih efisien, dengan menggunakan mesin uji impact vertikal berbagai macam metode pengujianpun dapat dilakukan. Mesin uji impact vertikal ini adalah mesin yang menggunakan energi dari gaya gravitasi. Mesin uji impact vertikal mempunyai dua fungsi metode. Fungsi pertama ialah fungsi pengujian kekuatan tarik, dimana benda dicekam oleh dua buah besi baja berbentuk silinder kemudian beban dijatuhkan dari ketinggian tertentu yang menghantam stopper dan mengakibatkan terjadinya rambatan gelombang antara besi penjepit dengan benda uji, sehingga diketahui nilai dari kekuatan tarik pada benda uji, dan fungsi kedua yaitu pengujian lendutan, dimana benda uji diletakan dimeja pengujian kemudian beban/impactor dijatuhkan dari ketinggian yang ditentukan, kemudian beban tersebut akan menghantam benda uji yang akan menghasilkan lendutan. Pembuatan mesin uji impact vertikal ini dapat dibuat dengan membutuhkan biaya \pm Rp. 4.000.000, dengan biaya yang efisien dapat menghasilkan banyak keuntungan mulai dari penggunaan tempat sampai dengan proses melakukan pengujian karena alat dibuat secara universal.

Kata Kunci : *Mesin uji impact universal, uji tarik, uji lendutan*

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat ALLAH SWT, atas segala rahmat, hidayah, nikmat, serta karunia-Nya, sehingga dengan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana yang berjudul “PERANCANGAN MESIN UJI IMPACT VERTIKAL BATANG HOPKINSON BERINSTRUMENTASI”, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik S-1, pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Adapun Tugas Sarjana ini tidak luput dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan segenap kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Kedua Orang Tua Yang Tersayang, Ayahanda H.Rojali dan Ibunda Hj.Aminah Serta kakak dan Abang tersayang Halimah, S.Pd ,Bahtiar, Syukur Harahap,S.pd, Bachtiar Efendi ,Ika Pratiwi yang selalu memberikan doa, kasih sayang dan dukungan terus menerus baik moril maupun materil.
2. Bapak Dr. Eng Rakhmad Arief Siregar. selaku Dosen Pembimbing I, dan Bapak M. Yani, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing II.
3. Bapak Khairul Ummurani.S.T.,M.T selaku Dosen Penguji I, dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji II.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T.,M.Sc. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Khairul Ummurani, S.T.,M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin dan Staf Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kepada Sahabat saya Ibnu kholid, Randy Andara Prangin angin,Davit hasanudin, Hermansyah Hsb, Nuranisa,S.pd, Femi Kurnia Fansury, Ahmad Faika Siregar, dan teman satu group perjuangan skripsi Roy Chartin Samosir, Rizki Angga Pratama, Randi Juprastanta, Abdul Rahman, M. Gipari Serta Bapak Bambang yang selalu senantiasa memberikan dukungan dan semangat dalam tugas akhir ini.

10. Teman-Teman Satu Kelas C1 Pagi Stambuk 2013, Dan Teman-Teman Satu Tugas Sarjana yang namanya tidak bisa di sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis sehingga tersusunya Tugas Sarjana.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga Tugas Sarjana ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca serta dapat menjadi referensi untuk selanjutnya.

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu.

Medan, 2 Oktober 2018


ABDUL RAHMAN
1307230187

DAFTAR ISI

LEMBAR PRNGESAHAN I	
LEMBAR PENGEEAHAN II	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Perancangan	5
2.2 Mesin uji Hopkinson	5
2.2.1 Prinsip Dasar Hopkinson	6
2.2.2 Instrumentasi Hopkinson	7
2.2.3 Sensor Strain Gage	7
2.3 Gelombang Regangan	9
2.4Gerakan Dibawah Pengaruh Gravitasi	9
2.5Gerak Jatuh Bebas	9
2.6GerakanLurus	10
2.7Hukum Gerakan	11
2.7.1Momentum dan Impuls	11
2.7.2Hukum Gerakan Newton	11
2.8Pengujian Impak	12
2.8.1 Pengertian Uji Impak	12
2.8.2Metode-metode Uji Impak	13
2.8.3 Jenis-jenis Perpatahan Impak	13
BAB 3 METODELOGI PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan perancangan	15
3.1.1 Tempat pelaksanaan perancangan	15
3.1.2 Waktu pelaksanaan perancangan	15
3.2 Alat Penelitian	16
3.3Diagram Alir Penelitian	17
3.4 Prosedur mendesain	18
3.4.1menyalakan computer dan memilih software catia	18
3.4.2 tampilan awal catia V5R19	18

3.4.3 menentukan sumbu benda kerja	20
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Perancangan mesin uji impact vertikal	26
4.1.1 Pemilihan konsep desain	26
4.2 Hasil Perancangan Pada Mesin Uji Impact	30
4.2.1 Desain mesin uji impact jatuh bebas	31
4.2.2 Desain mesin uji impact vertikal batang hopkinson	32
4.3 Hasil perancangan 3D	33
4.4 Spesifikasi Alat Uji Impact Vertikal	37
4.5 Hasil pengujian alat uji impact jatuh bebas batang hopkinson	37
4.5.1 Pengujian impact jatuh bebas pada spesimen komposit	40
4.5.2 Pengujian impact vertikal batang hopkinson spesimen kuningan	41
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Mesin Uji Hopkinson Vertikal	5
Gambar 2.2 : Hopkinson Pressure Bar	6
Gambar 2.3 : Sensor Strain Gage	8
Gambar 3.1 : Diagram Alir	15
Gambar 3.2 : Mesin Bubut	17
Gambar 3.3 : Mesin Gerinda Potong	18
Gambar 3.4 : Mesin Las Listrik	19
Gambar 3.5 : Mesin Plasma Cutting	19
Gambar 3.6 : Mesin Milling	20
Gambar 3.7 : Pipa Steam	21
Gambar 3.8 : Plat Besi	21
Gambar 3.9 : Besi Baja Karbon	22
Gambar 3.10: Plat Besi 16 mm	22
Gambar 3.11: Sensor Strain Gage	23
Gambar 3.12: Pipa Sling	23
Gambar 3.13: Besi Padu	24
Gambar 3.14: Stiker	24
Gambar 3.15: Stopper	24
Gambar 3.16: Sensor Load Cell	25
Gambar 3.17: Klem Besi	26
Gambar 4.1 : Proses Pemotongan Plat Besi	28
Gambar 4.2 : Proses Pemotongan Pipa Steam	28
Gambar 4.3 : Proses Pembuatan Derat Pada Pipa Steam	29
Gambar 4.4 : Proses Pembuatan Dudukan	29
Gambar 4.5 : Proses Pengeboran Menggunakan Mesin Milling	30
Gambar 4.6 : Pembuatan Dudukan / Kaki	31
Gambar 4.7 : Rancangan Mesin Uji Impact	33
Gambar 4.8 : Alat Uji Impact Jatuh Bebas	34
Gambar 4.9 : Alat Uji Impact Vertikal Batang Hopkinson	37

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	15
Tabel 4.1 Pemilihan konsep desain	24
Tabel 4.2 Spesifikasi Mesin Uji <i>Impact</i> Vertikal	37
Tabel 4.3 Data Hasil Percobaan	39
Tabel 4.4 Dimensi Spesimen	39
Tabel 4.5 Biaya Pembuatan Mesin Uji <i>Impact</i> Vertikal	47

DAFTAR NOTASI

Notasi		Satuan
n	= Kecepatan Putaran Mesin	(rpm)
f	= Kecepatan Pemakanan	(mm/rev)
N	= Kecepatan Putaran Axsial	(m/min)
v	= Kecepatan Potong	(m/min)
	= Nilai Konstanta 3.14	
D _o	= Diameter Awal	(mm)
d	= Diameter akhir	(mm)
t _m	= Waktu Pemakanan	(min)
L	= Panjang Pemakanan	(mm)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman modren ini perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama pada bidang manufaktur dirasakan kemajuannya sangat pesat. Kebutuhan akan material terutama logam sangatlah penting, maka banyak penelitian yang membahas tentang karakteristik suatu material untuk mengetahui kekuatannya. Uji *Impact* merupakan pengujian dengan memberikan pembebanan secara tiba – tiba. Banyak para penelitian yang mengangkat masalah kekuatan suatu material dengan pengujian menggunakan metode *Impact charpy* dan *izod* dengan cara pengujiannya meletakan spesimen pada tumpuan yang diposisikan secara mendatar dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikannya.

Seiring perkembangan zaman alat uji *Impact* semakin modren dan berkembang pesat. Selain pengujian menggunakan metode *Impact charpy* dan metode *izod* ada pengujian impak dengan menerapkan metode tekanan *pneumatik*, dengan prinsip kerja yang menggunakan tekanan angin yang ditekan dalam sebuah pipa guna menembakkan *striker bar* kearah *input bar* yang akan membangkitkan gelombang regangan kompresi uniaksial pada *output bar* sehingga gelombang yang terjadi akan merambat pada spesimen yang diletakan diantara *input bar* dan *output bar*. Atau yang biasa dikenal didunia teknik dengan nama *Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB)*. Dengan beragamnya pengujian *Impact* yang dilakukan dibutuhkan pemikiran-pemikiran bagaimana cara untuk menciptakan suatu penemuan-penemuan dan penyempurnaan/modifikasi sangat

diperlukan untuk meningkatkan kerja mesin yang lebih efisien tanpa mengurangi kualitas dan kuantitas pada pengujian suatu material. Maka dari itu penulis tertarik untuk membuat mesin uji *Impact* yang mempunyai dua fungsi (*universal*) dengan menggunakan sumber energi dari gaya gravitasi bumi. Prinsip kerja dari mesin ini yaitu dengan menentukan letak ketinggian dari *Impactor* yang akan dijatuhkan kemudian menghantam spesimen pada metode pengujian jatuh bebas, dan pada metode *Impact* vertikal batang hopkinson pengujian dilakukan dengan cara menjatuhkan *striker* yang akan menghantam *stopper* kemudian menghantarkan energi tarik pada batang *hopkinson* sebagai pencekam dari spesimen yang diuji. Mesin uji *Impact* vertikal ini dapat digunakan sebagai pengujian lendutan dan juga sebagai uji tarik. Pengujian yang dilakukan dengan alat ini dapat menggunakan berbagai spesimen seperti komposit, steel, aluminium, kuningan dan logam-logam lainnya. Mesin uji *Impact* yang dibuat merupakan mesin uji yang hanya berskala praktek laboratorium.

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh dalam tugas sarjana ini adalah :

1. Bagaimana menentukan spesifikasi rancangan mesin uji *Impact*.
2. Bagaimana menghitung analisa biaya untuk konstruksi mesin uji *Impact* vertikal.
3. Bagaimana membangun/membuat hasil rancangan mesin uji *Impact*.
4. Bagaimana mengevaluasi hasil rancangan berdasarkan sudut pandang manufaktur.

1.3 Batasan Masalah

karena luasnya jangkauan permasalahan dalam mengevaluasi hasil rancangan berdasarkan sudut pandang manufaktur maka perlu adanya pembatasan masalah, adapun batasan masalah dari penelitian ini antara lain:

1. Membuat mesin uji dengan tinggi 4 meter.
2. Membuat hasil mesin uji *Impact* dengan 2 metode, yaitu metode jatuh bebas dan metode *Impact* vertikal batang hopkinson.
3. Menggunakan 2 buah tiang penyangga.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk menentukan spesifikasi rancangan mesin uji *Impact*.
2. Untuk menghitung analisa biaya untuk kontruksi mesin uji *Impact* vertikal.
3. Untuk membangun/membuat hasil rancangan mesin uji *Impact*.
4. Untuk mengevaluasi hasil rancangan berdasarkan sudut pandang manufaktur.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan informasi ilmiah dalam pengujian *Impact*.
2. Sebagai pengembangan sarana Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.6 Sistematika Penulisan

SistematikaPenulisan yang di buat adalah :

- Bab 1** : Menjelaskan mengenai latar belakang , tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, sistematika penulisan.
- Bab 2** : Menjelaskan mengenai tinjauan pustaka yang berisi mengenai teori singkat dari penelitian .
- Bab 3** : Menjelaskan mengenai metodologi penelitian.
- Bab4** : Menjelaskan mengenai data dan analisa pada penelitian.
- Bab 5** : Menjelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian dan saran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Perancangan

Perancangan mekanik merupakan kegiatan kompleks yang dibutuhkan banyak keahlian. Hubungan beberapa elemen mesin dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan yang sederhana ,seperti memutar poros ,mengangkat beban ,mengurangi kecepatan ,dll.setiap elemen memiliki urutan pekerjaan sesuai dengan rancangan yang telah diperkenalkan dan dicoba berulang – ulang.

Perancangan ialah suatu proses berulang – ulang dengan banyak fase interaktif untuk mendapatkan hasil yang diinginkan .seorang perancang harus memiliki banyak sumber daya yang dapat dipergunakan untuk mencapai tujuan rancangannya yang pada umumnya dibedakan atas 2 jenis, yaitu informasi yang lengkap mengenai objek yang akan dirancang dan kemampuan analisa (komputasi) yang mencukupi .seorang perancang tidak hanya memiliki kemampuan untuk mengembangkan bidang keahliannya ,tapi juga harus memiliki rasa tanggung jawab dan etika kerja dalam proses perancangan tersebut.

Perancangan merupakan proses inovasi yang dilakukan secara berulang – ulang pada suatu elemen mesin .tujuannya agar didapatkan perbaikan ataupun peningkatan unjuk kerja (*performance*) elemen mesin tersebut .proses ini melibatkan kegiatan pengambilan keputusan (*Decision Making*) .terkadang pengambilan keputusan harus dibuat terhadap inovasi suatu rancangan dengan hanya menggunakan informasi yang sangat terbatas dan sedikit sekali. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh sulitnya untuk mengukur besaran yang tepat pada

suatu subjek, atau inovasi tersebut belum pernah dikerjakan sebelumnya sehingga tidak memiliki referensi pembandingan. Namun terkadang keputusan yang diambil benar – benar akurat dengan keadaan yang sesungguhnya dan dibutuhkan ,sehingga semua tindakan alternatif dapat dipersiapkan sebelum hasil rancangan diketahui . intinya seorang perancang harus benar –benar memahami dan menyesuaikan dalam pengambilan keputusan dan aturan penyelesaian masalah.(Shigley,Joseph E ., 2008,)

Perancangan merupakan sebuah kegiatan awal dari sebuah usaha dalam merealisasikan sebuah produk yang keberadaannya diperlukan oleh masyarakat untuk meningkatkan kesejahteraan hidupnya .Sedangkan perancangan mesin berarti perancangan dari sistem dan segala yang berkaitan dengan sifat mesin– mesin, produk, struktur, alat-alat, dan instrument .

Dalam sebuah perancangan, khususnya perancangan mesin banyak menggunakan berbagai ilmu yang harus diterapkan di dalamnya. Ilmu-ilmu tersebut digunakan untuk mendapatkan sebuah rancangan yang baik, tepat dan akurat sesuai dengan apa yang diharapkan. Pada umumnya ilmu-ilmu yang diterapkan antara lain ilmu matematika, ilmu bahan, dan ilmu mekanika teknik .

Pada dasarnya, perancangan itu sendiri terdiri dari serangkaian kegiatan yang berurutan, karena itu perancangan disebut sebagai proses perancangan yang mencakup seluruh kegiatan yang terdapat dalam perancangan tersebut.

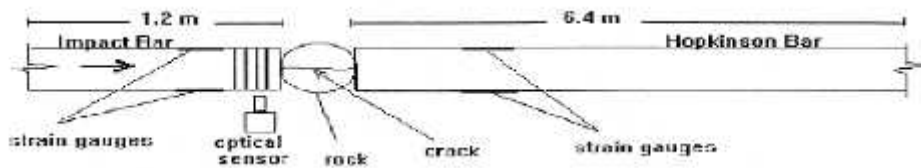
2.2 Mesin Uji Hopkinson

Batang *Hopkinson* adalah *bar* baja berbentuk silinder beberapa kaki panjangnya dan sekitar satu inci. Diameternya ditanggihkan sedemikian rupa sehingga bebas diayunkan di bidang vertikal (Bahman Bohloli,1997).

Penelitian teknik hopkinson *pressure bar* pertama kalinya diusung oleh John Hopkinson pada tahun 1870-an yang digunakan untuk mengetahui efek pembebanan tumbukan pada suatu *bar*. Penelitian *Split Hopkinson Pressure Bar* semakin berkembang seiring dengan kemajuan teknologi, di tahun 1970 Hauser melakukan penelitiannya dengan menggunakan sensor *strain gages* yang ditempelkan pada kedua buah *bar* untuk mengetahui nilai laju regangan yang terjadi saat diberi pembebanan impak dan selanjutnya direkam oleh program komputer yang disebut dengan *oscilloscope* (Kaiser, M.A.,1998).

2.1.1 Prinsip Dasar Hopkinson

Batang Hopkinson biasanya terdiri dari bilah masukan, spesimen uji dan bilah keluaran. Untuk kompresi pengujian spesimen hanya dapat terjepit di antara *input* dan *output bar*, sedangkan untuk tarik pengujian spesimen harus dipersiapkan dalam beberapa cara untuk *input* dan *output bar*. Gelombang regangan tarik disebut gelombang datang, dengan demikian menghasilkan dan merambat sepanjang *bar* masukan terhadap apa yang disebut gelombang datang. Setelah mencapai spesimen, gelombang sebagian kembali ke *bar* masukan untuk membentuk gelombang, dan sebagian dikirim ke *output bar* untuk membentuk gelombang yang ditransmisikan, dan biasanya diukur dengan cara pengukur regangan. Pengukur regangan ini terletak pada titik-titik yang dipilih dengan baik pada *input* dan *output bar* jauh dari spesimen. Dengan demikian akan bergeser ke depan atau ke belakang ke arah penumbuk antar muka dengan spesimen untuk mendapatkan kekuatan dan perpindahan di kedua ujung spesimen (Patricia Verleysen,2000).



Gambar 2.1 Hopkinson Pressure Bar (Bahman Bohloli)

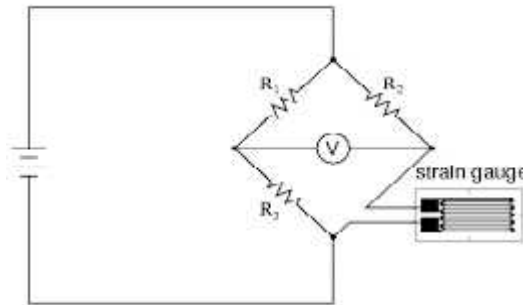
Tujuan *Hopkinson Pressure Bar* adalah untuk menentukan sifat mekanik bahan yang berbeda pada tingkat regangan tinggi. Ada kebutuhan mengevaluasi pada tingkat regangan sangat tinggi karena banyak ilmuwan telah menyebutkan penelitian mereka bahwa bahan-bahan di bawah tekanan kuat berperilaku berbeda ketika dibandingkan dengan bahan dibawah tekanan yang kurang intens. Sifat mekanik bahan yang berbeda di bawah tekanan beban dampak tinggi perubahan akan cepat terjadi dalam durasi mikrodetik. Dalam hitungan tekanan *bar Hopkinson* baik tekan dan gelombang, tegangan tarik yang digunakan untuk menghitung tegangan dan regangan pada benda uji yaitu gelombang tarik digunakan untuk menghitung ketegangan dan gelombang tekan digunakan untuk menghitung *stress* (Nazia Tasneem, 2002).

2.1.2 Instrumentasi Hopkinson

Sebuah SHPB berinstrumentasi menggunakan *strain gages*, *osiloskop* atau perekam sementara, *integrator* elektronik atau penguat operasional, sirkuit pemacu, *power supply* dan sistem pengukuran kecepatan. Dalam tata letak SHPB konvensional beberapa *strain gages* ditempatkan di tengah-tengah *bar* masukan dan pasangan lain ditempatkan di tengah-tengah *output bar*. Setiap *strain gages* dari pasangan terletak di sisi yang berseberangan dari *bar*. Hal ini memungkinkan membatalkan setiap lentur efek hadir di *bar* karena keselarasan sempurna antara *bar*, spesimen dan *striker* (RS Birch, 2003).

2.1.3 Sensor Strain Gage

Strain Gage adalah alat yang digunakan untuk mengukur tegangan maupun regangan.



Gambar 2.2 Sensor Strain Gage(www.elektronika-dasar.web.id)

Strain Gage seperti pada gambar 2.3 diletakkan pada *input bar* yang akan menumbuk spesimen. Dengan menempelkan *strain gage* pada benda uji menggunakan perekat yang isolatif terhadap arus listrik maka akan menghasilkan adanya perubahan resistensi yang nilainya sebanding terhadap deformasi bentuknya. Dalam konstruksi *strain gage* dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$v = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta R / R}{K} \quad (2.1)$$

2.3 Gelombang Regangan

Gelombang regangan adalah gelombang mekanis, yaitu gelombang yang memerlukan suatu medium tertentu untuk dapat mentransmisikan ke bagian yang lain. Kecepatan rambat gelombang tersebut bergantung pada sifat-sifat medium yang dilaluinya. Berdasarkan arah perambatannya, gelombang regangan dibedakan atas dua bagian, yaitu: gelombang transversal, dan gelombang longitudinal. Gelombang transversal memiliki arah gerakan partikel yang tegak

lurus terhadap arah perambatan, sedangkan gelombang longitudinal memiliki arah yang sejajar dengan arah perambatan. Perilaku gelombang longitudinal pada sebuah batang logam yaitu secara skematis. (Rahmat Kartolo, 2011).

2.4 Gerakan di Bawah Pengaruh Gravitasi

Sebuah benda tidak dapat jatuh bebas kecuali di dalam ruang hampa sempurna. Ketika jatuh melintasi sebuah benda mengalami tahanan udara yang tergantung pada ukuran, bentuk dan kecepatan benda jatuh.

Percepatan sebuah benda jatuh bebas tergantung pada jarak ketinggian benda kerja dari pusat bumi. Bagaimanapun, ketika sebuah benda cukup padat jatuh dengan kecepatan sedang, boleh dianggap benda mengalami percepatan gravitasi seragam. Secara umum para ilmuwan mengambil harga percepatan gravitasi $g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$.

2.5 Gerak Jatuh Bebas

Sebuah benda yang jatuh bebas dari sebuah ketinggian akan mengalami pertambahan kecepatan selama benda tersebut jatuh. Jika benda jatuh ke bumi dari ketinggian tertentu relatif kecil dibandingkan dengan jari-jari bumi, maka benda mengalami pertambahan kecepatan dengan harga yang sama setiap detik. Hal ini berarti bahwa percepatan ke bawah benda bertambah dengan harga yang sama jika sebuah benda ditembakkan ke atas kecepatannya berkurang dengan harga yang sama setiap detik dan perlambatan ke atasnya seragam (Neil, 2014).

2.6 Gerak Lurus

Perpindahan adalah perubahan kedudukan. Hal ini merupakan besaran vektor mencakup jarak dan arah. Kecepatan adalah laju perubahan kedudukan

terhadap waktu. Hal ini juga merupakan besaran vektor mencakup jarak, arah dan waktu.

Kecepatan seragam memiliki partikel yang bergerak dengan kecepatan konstan pada lintasan lurus atau dimiliki partikel yang melintasi perpindahan yang sama dalam selang waktu yang sama berturut-turut tidak peduli betapa kecilnya selang waktu.

Percepatan seragam dimiliki partikel yang mengalami perubahan kecepatan yang sama dalam selang waktu yang sama berturut-turut tidak peduli betapa kecilnya selang waktu. Satuan perpindahan diukur dalam meter [m], kecepatan diukur dalam meter per detik [m/s], percepatan diukur dalam meter per detik kwadrat [m/s^2], persamaan gerakan lurus percepatan adalah seragam, katakan v_0 kecepatan awal, v kecepatan akhir, a percepatan, t waktu dan s perpindahan, kecepatan pertengahan = perpindahan/waktu (Neil, 2014).

2.7. Hukum Gerakan

2.7.1. Momentum dan Impuls

Momentum sebuah benda bergerak dikatakan mempunyai momentum yang dinyatakan dengan hasil kali massa benda dengan kecepatan benda.

Momentum = massa x kecepatan.

$$M = m v \quad (\text{kg} \cdot \text{m/s}) \quad (2.2)$$

Impuls sebuah benda bergerak dikatakan mempunyai impuls yang dinyatakan dengan hasil kali gaya yang bekerja pada benda dengan waktu yang diberikan.

Impuls = gaya x waktu

$$I = F t \quad (\text{Ns}) \quad (2.3)$$

2.7.2. Hukum Gerakan Newton

Hukum gerakan pertama: "Jika resultan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol, maka benda yang mula - mula diam akan tetap diam dan benda yang mula - mula bergerak akan tetap bergerak lurus beraturan".

Secara sistematis dirumuskan:

$$\text{Jika } \Sigma F = 0, \text{ maka } v = 0 \text{ atau } v = \text{konstan} \quad (2.4)$$

Hukum gerakan kedua: "Percepatan yang ditimbulkan oleh gaya yang bekerja pada benda berbanding lurus dengan besar gayanya dan berbanding terbalik dengan massa benda".

Secara sistematis dirumuskan:

$$a = \frac{\Sigma F}{m} \text{ atau } \Sigma F = m a \quad (2.5)$$

Hukum gerakan ketiga: "Jika benda pertama mengerjakan gaya terhadap benda kedua, maka benda kedua pun akan mengerjakan gaya terhadap benda pertama yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan".

2.8 Pengujian Impak

2.8.1 Pengertian Uji Impak

Untuk mengetahui sifat perpatahan, keuletan dan kegetasan suatu material, dapat dilakukan suatu pengujian yaitu dengan uji impak. Umumnya pengujian ini menggunakan benda uji yang bertakik. Berbagai jenis pengujian impak batang bertakik telah digunakan untuk menentukan kecenderungan bahan untuk bersifat getas. Dengan uji ini kita dapat mengetahui perbedaan sifat bahan yang tidak teramati dalam uji tarik. Hasil yang diperoleh dari pengujian tidak sekaligus memberikan besaran rancangan yang dibutuhkan, karena tidak mungkin

mengukur komponen tegangan tiga sumbu pada takik. Para peneliti perpatahan getas logam telah menggunakan berbagai bentuk benda uji untuk pengujian impact bertakik. Uji impact termasuk uji mekanik dinamis, dilihat dari cara pengujiannya yaitu dengan pemukulan secara tiba-tiba.

Dengan demikian, dengan uji impact dapat mengetahui material logam tangguh atau tidak. Ketentuan spesimennya dibuat dengan ukuran tertentu dan diberi takikan dengan tipe tertentu pula. Kemudian dipukul secara tiba-tiba sampai patah lalu mengukur kerja pukulan dalam satuan joule (J). Pengujian impact digunakan untuk menguji kecenderungan suatu material untuk bersifat getas. Spesimen yang diberi *notch* (takikan) menerima beban secara tiba-tiba (*rapid loading*). Pada pembebanan cepat ini, terjadi proses penyerapan energi yang besar dari energi kinetik suatu beban yang menumbuk ke spesimen. Sejarah dilakukannya pengujian ini adalah karena hasil uji tarik yang biasa digunakan untuk mengetahui sifat material tidak dapat memprediksi secara tepat perilaku patah dari material (Muhamad Bugi, 2016).

2.9 Metode - metode Uji Impact

Secara umum metode pengujian impact terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Metode *Charpy*

Pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal/mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan.

2. Metode *Izod*

Pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi, dan arah pembebanan searah dengan arah takikan.

2.9.1 Jenis – jenis Perpatahan Impak

Secara umum sebagai mana analisis perpatahan pada benda hasil uji tarik maka perpatahan impak digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Perpatahan berserat (*fibrous fracture*), yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang–bidang kristal di dalam bahan (logam) yang ulet (*ductile*). Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang berbentuk dimpel yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.
2. Perpatahan granular/kristalin, yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*) pada butir-butir dari bahan (logam) yang rapuh (*brittle*). Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).
3. Perpatahan campuran (berserat dan *granular*). Merupakan kombinasi dua jenis perpatahan di atas.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu Pelaksanaan Perancangan

3.1.1 Tempat Pelaksanaan Perancangan

Tempat pelaksanaan perancangan mesin uji impact vertikal batang hopkinson berinstrumentasi dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan.

3.1.2 Waktu Pelaksanaan Perancangan

Adapun waktu pelaksanaan perancangan mesin uji impact vertikal batang hopkinson berinstrumentasi dilaksanakan ini dapat dilihat pada tabel 3.1 dan langkah –langkah pelaksanaan perancangan mesin uji impact vertikal batang hopkinson berinstrumentasi dapat dilakukan pada gambar 3.1

Tabel 3.1: Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No .	Kegiatan	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Sept
1.	Study literature							
2.	Menentukan rancangan							
3.	Desain mesin uji <i>Impact</i> vertikal							
4.	Pembuatan mesin uji							
5.	Penyusunan skripsi							
6.	Evaluasi data penelitian							
7.	Seminar siding hasil							

3.2 Alat Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan dalam proses perancangan ini adalah :

3.2.1 Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam studi numeric ini adalah sebagai berikut :

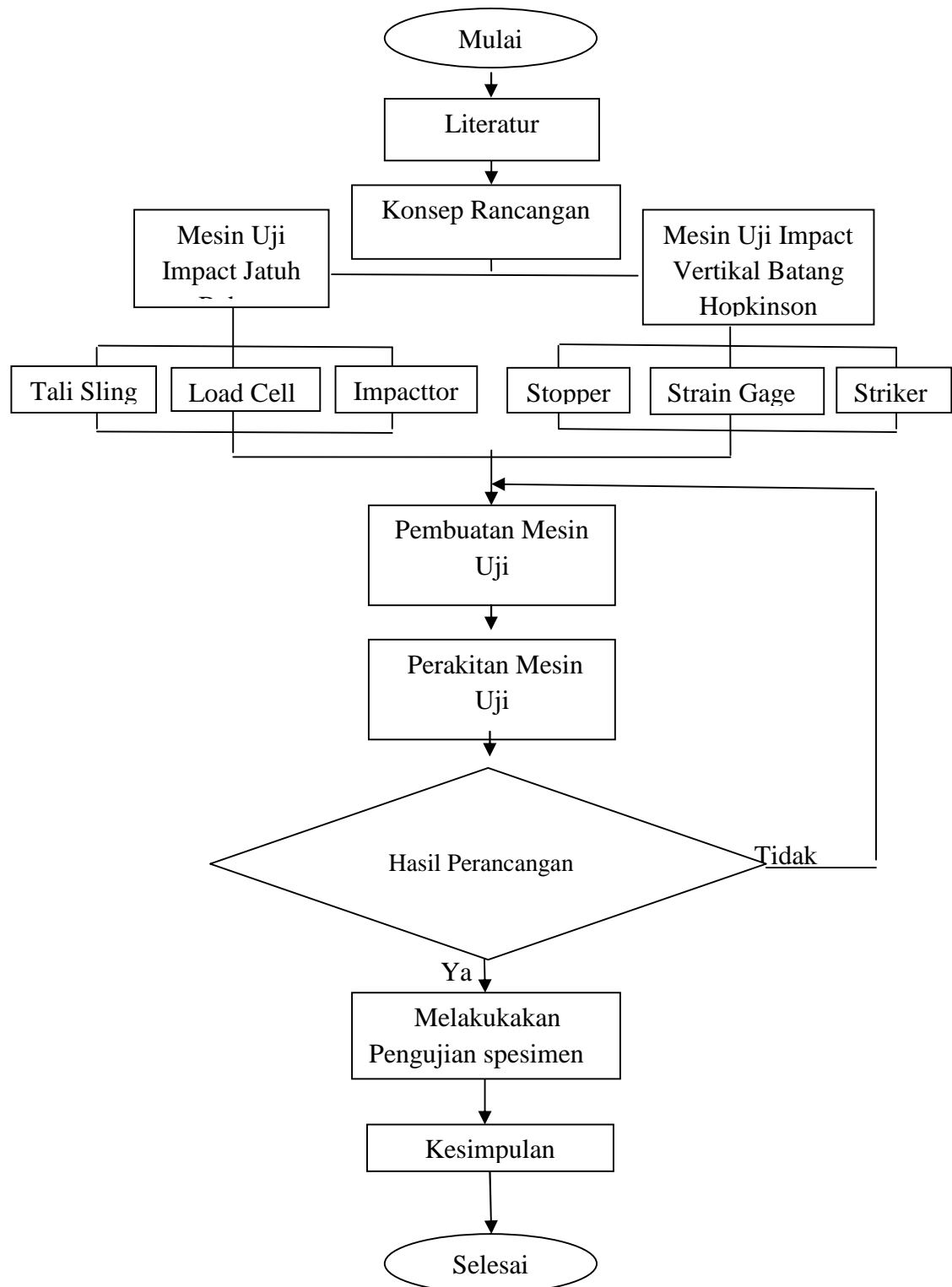
1. Processor : AMD A6-3400M APU with Radeon HD 1.40 GHz
2. RAM : 2.00 GB (1.47 GB Usable)
3. Operation system : windows 7 pro 64 bit operation system

3.2.2 Software Catia

Software catia yang sudah terinstal pada laptop adalah Catia V5R19 64 bit yang didalamnya terdapat sketch gambar 3D adalah sebagai berikut :

1. Processor : AMD with Radeon Support 64 bit Operation System
2. RAM : 2 GB or more
3. Disk Space : 5 GB or more

3.3 Diagram Alir Penelitian



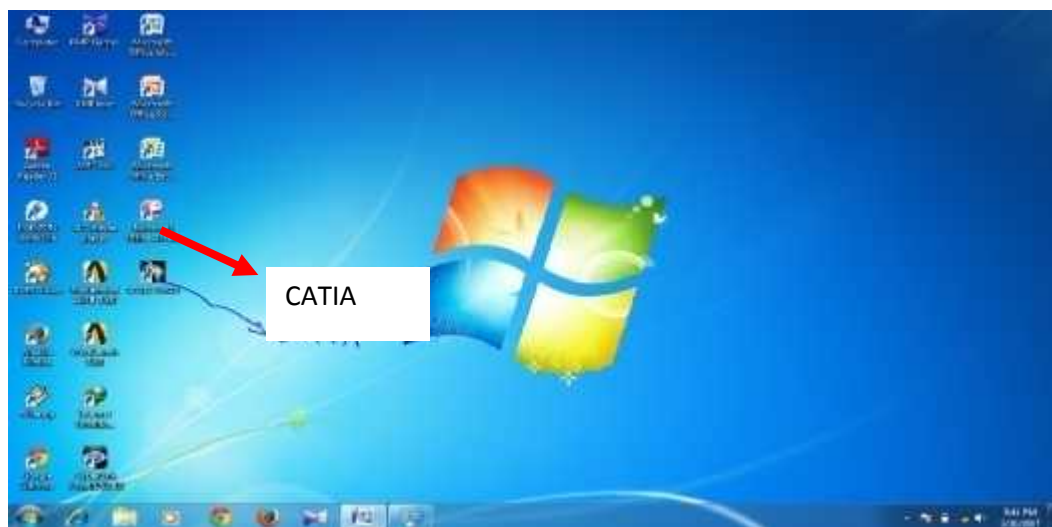
Gambar 3.1 Diagram Alir Mesin Uji *Impact*.

3.4 Prosedur Mendesain

1. Menyalakan computer dan memilih *software catia V5R19*
2. Memilih model awal dengan memilih model *part*
3. Memilih *layer front*
4. Membuat desain awal dudukan spesimen
5. Membuat ukuran ketebalan dudukan spesimen tebal 30mm lebar 20cm panjang 100 cm
6. Membuat diameter dalam dan luar tiang penyanggah ,panjang 2000mm,diameter 2 inci dan tebal 5 mm
7. Membuat ukuran dudukan tiang sebelah atas dan tempat katrol dan penutup alat bagian atas
8. Membuat desain soket penyambung tiang

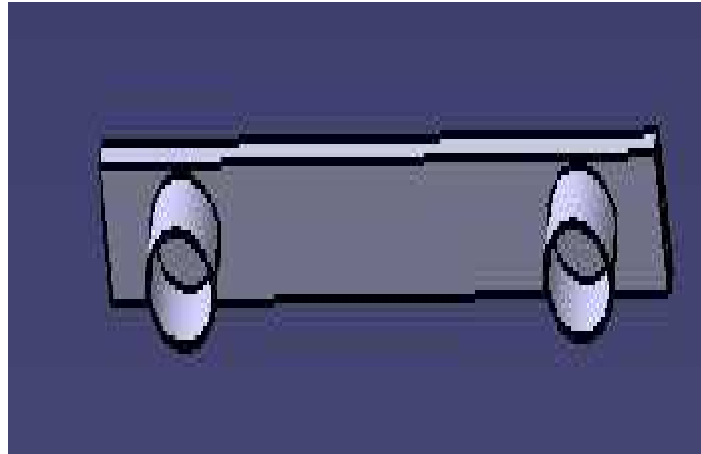
3.4.1 Menyalakan computer dan memilih software catia

Sebelum memulai proses menggambar bahwasanya Software Catia V5R19 telah terinstal dikomputer atau laptop dan siap digunakan.



Gambar 3.2 Tampilan layar computer/laptop

Klik sumbu x y plane klik skecth klik centered redtange klik constrain 1
beri ukuran yang sudah di tetapkan klik exit workbencht klik part beri ukuran
ketebalan yang ditentukan ,ukuran tebal 30mm ,panjang 100 cm ,lebar 20 cm.

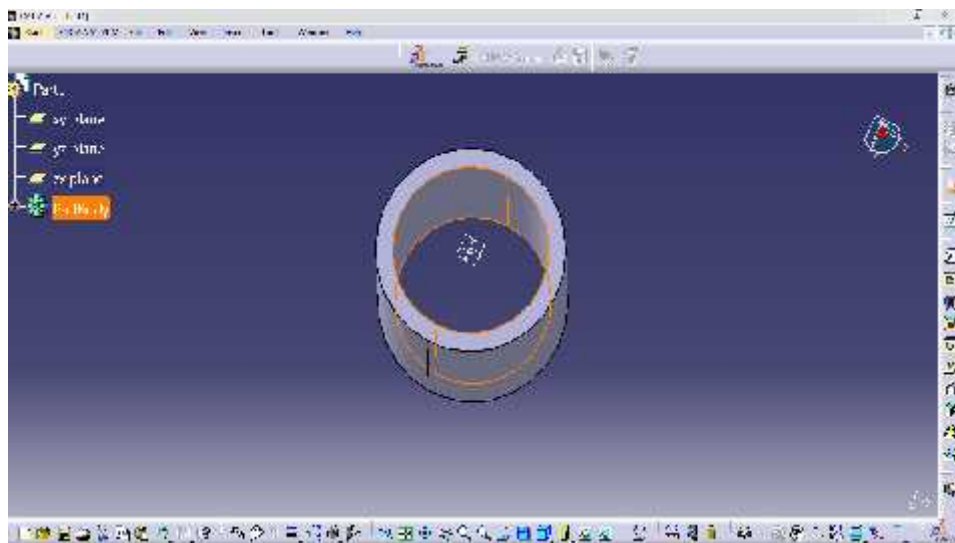


Gambar 3.5 Gambar tutup atas dudukan tiang

3.4.5 Membuat Desain Soket Penyambung tiang

Klik sumbu xy plane klik sketch klik *circle* lalu klik constraint klik garis pada lingkaran lalu di buat 3d klik exit workbench lalu klik part beri ukuran yang sudah di tetapkan .

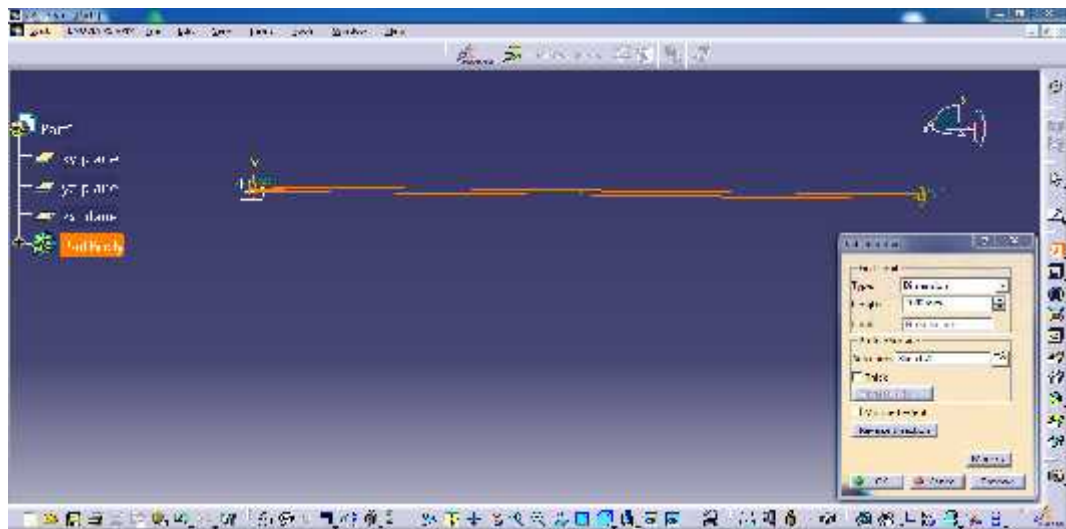
Klik sumbu xy plane klik sketch klik circle di sumbu titik nol pada soket lalu di tarik dan diberi ukuran yang sudah ditentukan lalu di 3D kan lalu klik exit work bench pilih pocket lalu beri ukuran membuat panjang lobang atau kedalam pada diameter yang sudah di tentukan.



Gambar .3.6 membuat desain soket penyambung tiang

3.4.6 Membuat Desain Tiang Penyanggah Alat

Klik sumbu xy plane klik sketch klik *circle* lalu klik constraint klik garis pada lingkaran lalu di buat 3d klik exit workbench lalu klik part beri ukuran yang sudah di tetapkan .



Gambar 3.7 Membuat Desain Tiang penyanggah

a.Striker

Striker berfungsi sebagai beban jatuh pada pengujian spesimen. Bahan yang digunakan yaitu berupa pipa besi *steam* yang berukuran panjang 700 mm dan diameter dalam 40 mm.



Gambar 3.8 Stiker

b.Stopper

Stopper berfungsi sebagai tempat berhentinya *stiker* pada saat pengujian dilakukan. Bahan yang dipakai yaitu plat besi yang berdiameter 200 mm dan tebal 12 mm.



Gambar 3.9 Stopper

c.Sensor Load Cell

Sensor *Load Cell* berfungsi untuk mengukur nilai yang terjadi pada saat *Impactor* menumbuk spesimen yang dijatuhkan dari ketinggian tertentu pada saat dilakukan pengujian.



Gambar 3.10 Sensor Load Cell

1. Bahan sudah jadi

a. Baut dan Mur

Baut dan mur digunakan untuk penyambungan atau sebagai pengikat antara bagian - bagian dari alat/material.

b. Tali Sling Baja

Tali sling baja berfungsi sebagai jalur jatuhnya beban pada saat proses pengujian.

Tali sling yang digunakan berukuran 5 mm.

c. Span M-8

Span M-8 digunakan sebagai pengunci dan pengencang pada tali sling baja.

d. Soket Besi

Soket besi digunakan untuk menyambungkan pipa/tiang peyangga dan sebagai dudukan pipa/tiang. Soket yang digunakan berukuran 2 inch.

e. Tali Tambang dan Katrol

Tali tambang berfungsi sebagai penarik beban pada saat pengujian dilakukan, sedangkan katrol berfungsi untuk memudahkan pada saat proses penarikan beban.

f. Klem Besi

Klem besi berfungsi sebagai pengikat besi baja karbon pada saat pengujian dilakukan, klem yang dipakai berukuran 40 mm.



Gambar 3.11 Klem Besi

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Mesin Uji *Impact* Vertikal

Perancangan alat uji *Impact* vertikal ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Untuk melakukan pembuatan rancang bangun pada mesin uji *Impact* vertikal ini diperlukan beberapa proses – proses pengerjaannya seperti pada tabel 4.1 dibawah ini :

4.1.1 Pemilihan Konsep Desain

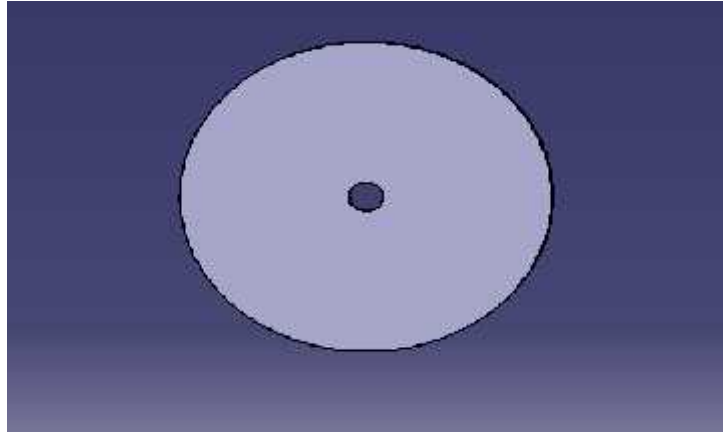
Pada pemilihan konsep desain pada alat uji impak jatuh bebas vertical Hopkinson ini, penulis melakukan penilaian terhadap konsep yang akan dipilih.

Tabel 4.1 Pemilihan konsep desain

Fitur	Konsep 1	Konsep 2	Konsep 3
Pemenuhan fungsi	R	T	T
Keandalan	T	S	T
Kemudahan perawatan	S	S	S
Kemudahan pengoperasian	S	S	T
Tingkat keamanan	T	R	T
Harga pembuatan	4	5	3

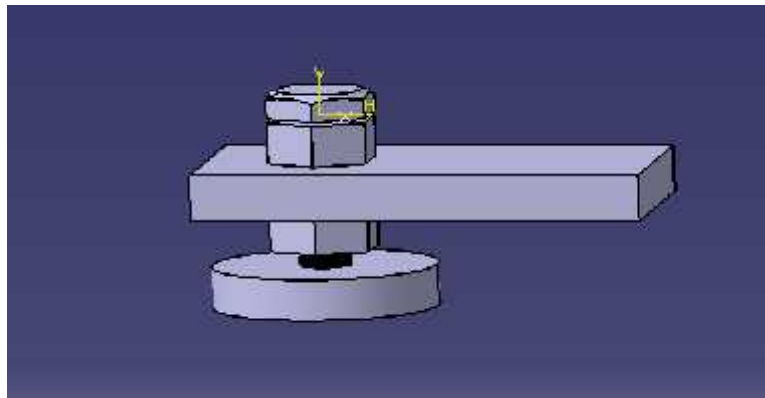
Dimana T untuk penilaian yang tinggi, S untuk penilaian yang sedang, dan R untuk penilaian yang rendah. Harga pembuatan 1 sampai 5 merupakan tingkatan dari harga termurah hingga termahal. Berdasarkan tabel 3.2 penulis memilih konsep 3 untuk melakukan perancangan alat uji impak jatuh bebas vertical Hopkinson berinstrumentasi.

1. Hasil gambar *Stopper* sebagai penahan laju dan tempat berhentinya striker pada saat dilakukan pengujian. dibuat menggunakan plate besi yang berukuran tebal plate 12 mm dan berdiameter 200 mm.



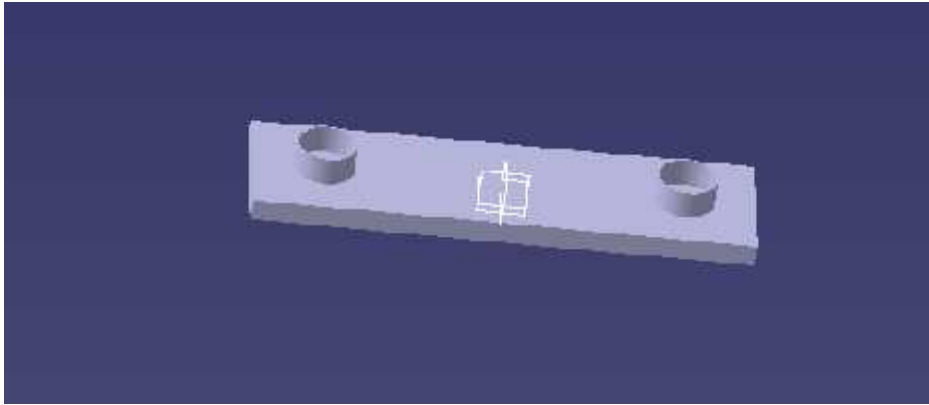
Gambar 4.1 Desain *stopper*

2. Hasil gambar dudukan / kaki alat dudukan pada alat uji *impact hopkinson* bertujuan untuk membuat alat dapat berdiri seimbang. Penyanggah ini menggunakan baja plat yang memiliki ketebalan 16 mm dan panjang 150 mm dan lebar 70 mm dan diberi baut penyetelan keseimbangan.



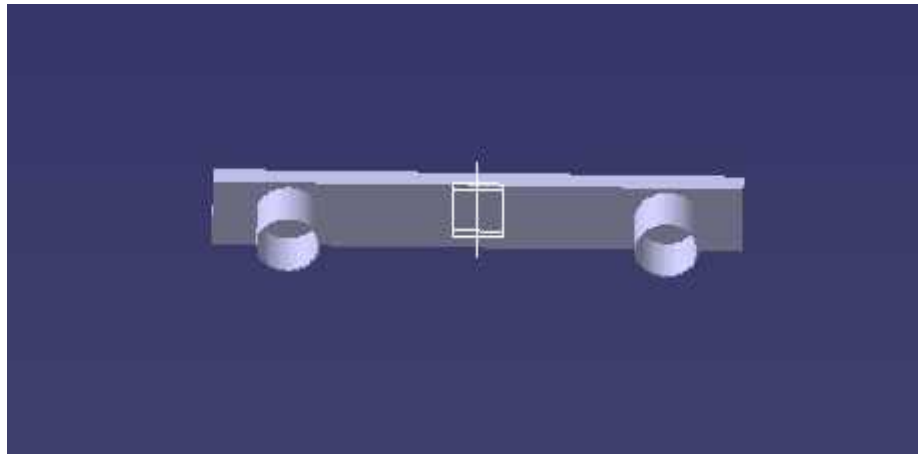
Gambar 4.2 Desain Dudukan/ Kaki Impact Hopkinson

3. Hasil gambar tempat dudukan tiang dan meja spesimen menggunakan plat besi yang berukuran tebal 30 mm panjang plat besi 100 cm dan lebar 20 cm



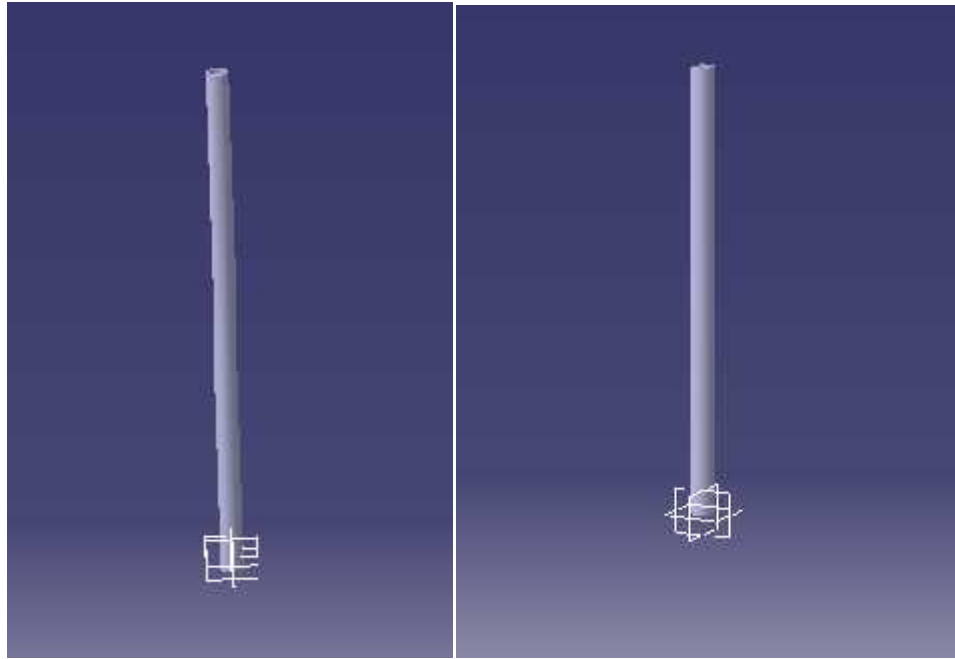
Gambar 4.3 Desainudukan tiang dan meja spesimen

4. Hasil gambar Dudukan tiang sebelah atas dan tempat katrol dan penutup alat
pla besi berukuran 16 mm dan panjang 84 cm dan lebar 15 cm



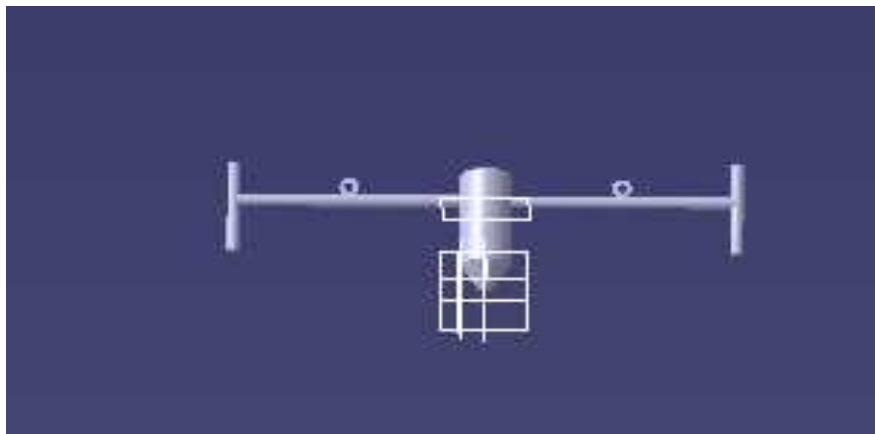
Gambar 4.4 Desain penutup alat dan tempat dudukan katrol dan tiang

5. Hasil gambar tiang penyanggah alat menggunakan pipa *Steam* dengan panjang tiang 2 m berdiameter 2 incitebal 5 mm.



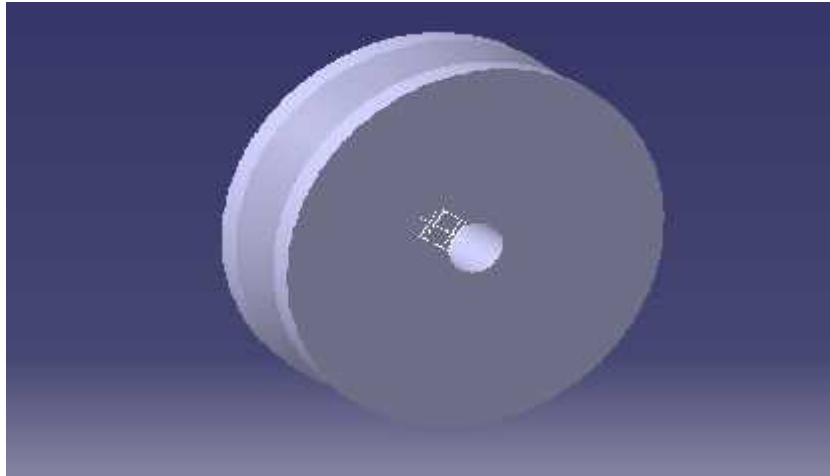
Gambar 4.5 Desain tiang penyanggah

6. Hasil gambar *impector* dengan berat impector 1,57 kg



Gambar . 4.6 Desain impector

7. Hasil gambar katrol untuk mempermudah penarikan beban



Gambar .4.7.Desain katrol

8. Hasil gambar sling sebagai jalur lintasan jatuhnya beban sling berdiameter 3 mm.

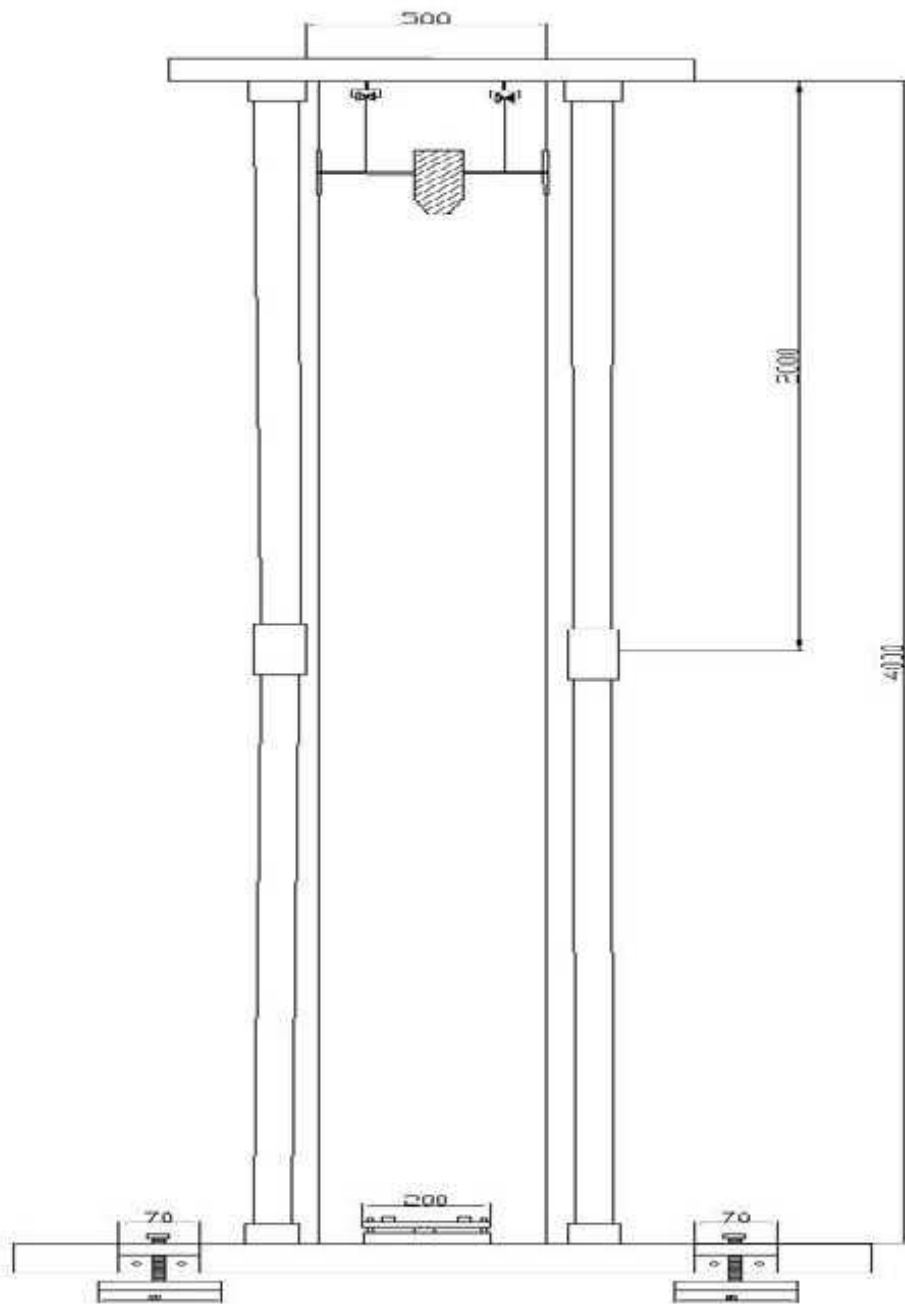


Gambar .4.8.Desain sling

4.2 Hasil Perancangan Pada Mesin Uji *Impact*

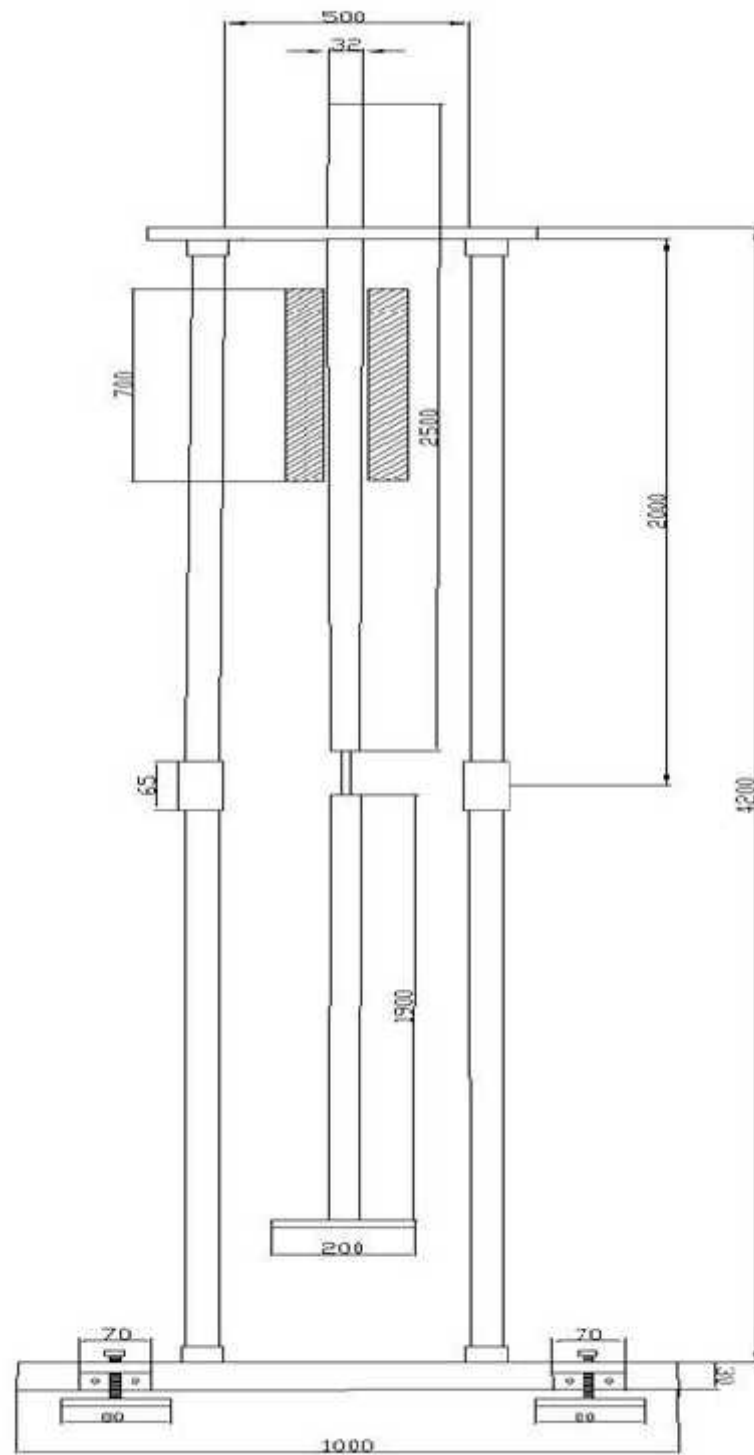
4.2.1 Desain Mesin Uji Jatuh Bebas

Hasil dari perancangan manufaktur ini menghasilkan dua fungsi metode yaitu metode uji *Impact* jatuh bebas dan metode uji *Impact* vertikal batang *hopkinson*. Pada gambar 4.9 dibawah ini adalah hasil dari perancangan mesin uji *Impact* menggunakan AutoCAD.



Gambar 4.9 Desain Rancangan Mesin Uji *Impact* J atuh Bebas

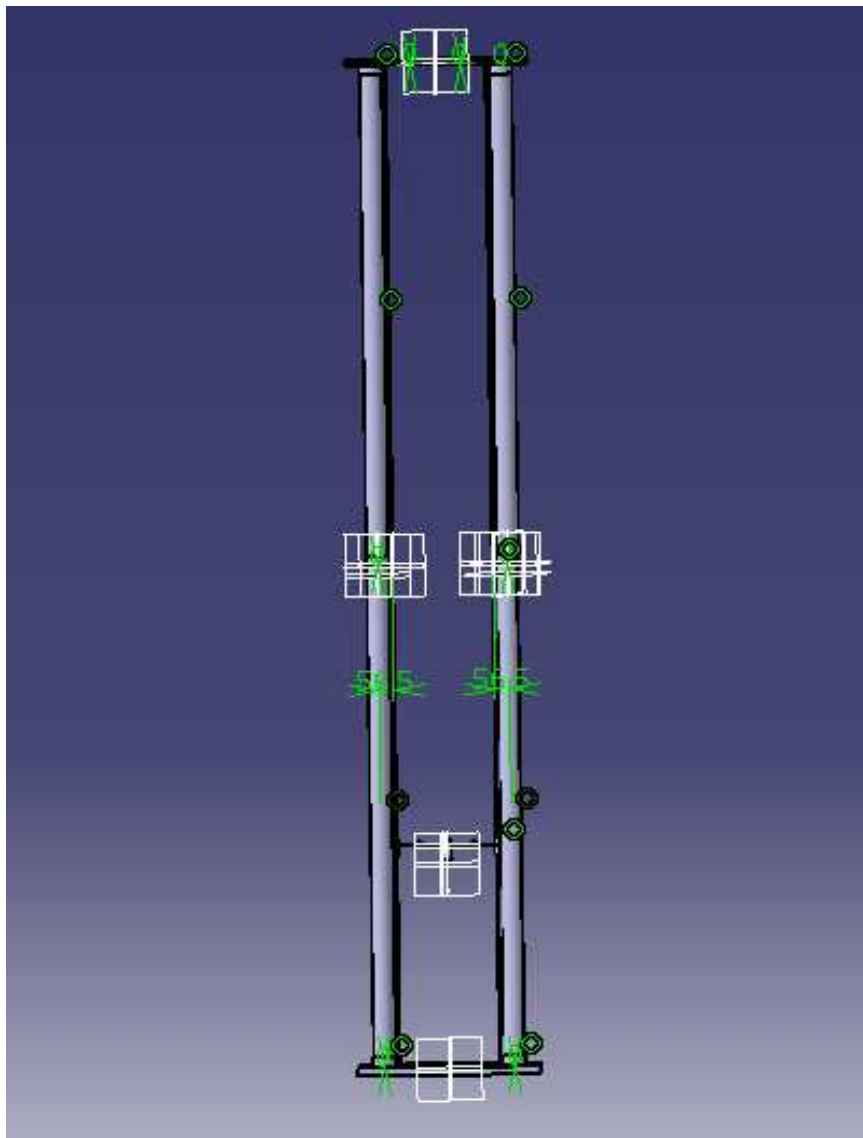
4.2.2 Desain Mesin Uji Impak Vertikal



Gambar.4.10 Desain rancangan mesin uji impact vertical batang Hopkinson

4.3 Hasil perancangan 3D

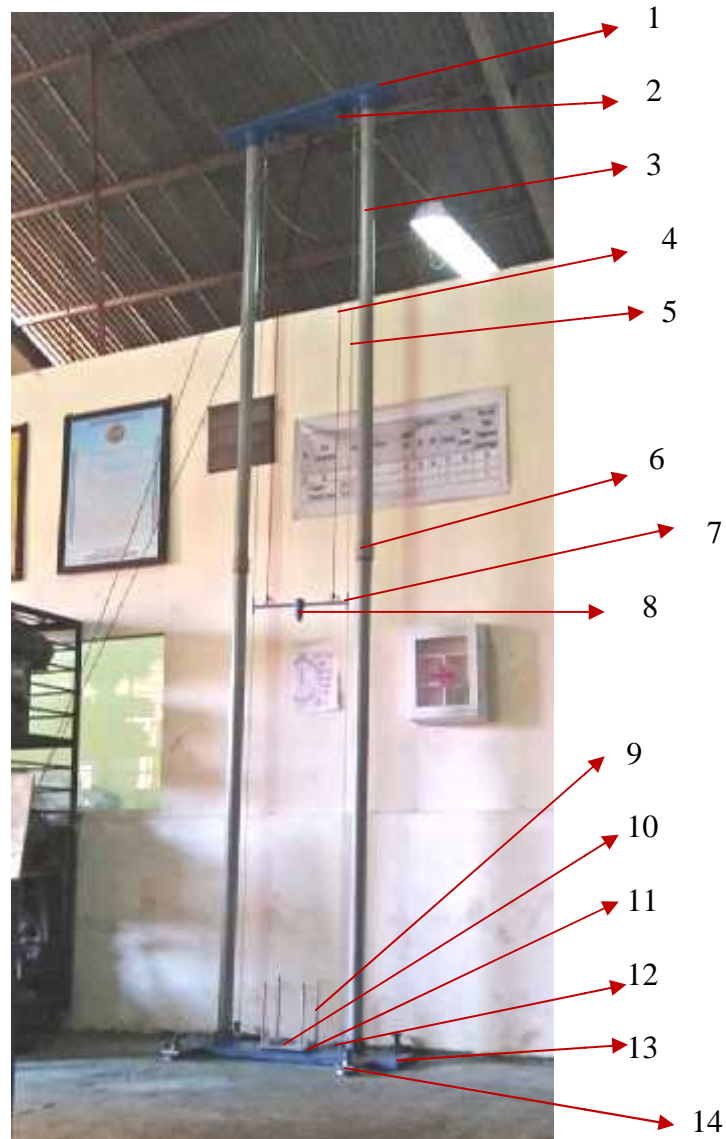
Hasil perancangan mesin uji impak vertical batang Hopkinson menggunakan software catia yang sudah terinstal pada work station adalah catia V5R19 64 bit yang di dalamnya terdapat sketch gambar 3D. Pada gambar 4.11 dibawah ini adalah hasil dari perancangan mesin uji *Impact* menggunakan software catia.



Gambar.4.11 Desain rancangan mesin uji impak jatuh bebas

Pada gambar 4.12 dan 4.13 adalah hasil dari pembuatan alat manufaktur pada mesin uji *Impact* vertikal berserta bagian – bagian dari fungsi mesin uji *Impact*.

1. Metode Uji *Impact* Jatuh Bebas



Gambar 4.12 Alat Uji *Impact* Jatuh Bebas

Keterangan :

1. Plat Besi 16 mm : Berfungsi sebagai tempat katrol dan penutup alat
2. Katrol : Berfungsi untuk mempermudah penarikan beban
3. Pipa *Steam* : Berfungsi sebagai tiang penyanggah alat

4. Tali Tambang : Berfungsi sebagai penarik beban
5. Tali Sling : Berfungsi sebagai jalur lintasan jatuhnya beban
6. Soket : Berfungsi sebagai penyambung antara pipa *steam*/tiang penyanggah
7. Pipa Sling : Berfungsi sebagai tempat jalur tali sling
8. Beban : Berfungsi sebagai beban pengujian spesimen
9. Kaki Meja Spesimen : Berfungsi sebagai tempat dudukan meja spesimen
10. Meja Spesimen : Berfungsi sebagai meja tempat pengujian spesimen
11. *Load Cell* : Berfungsi sebagai sensor pengujian
12. Pengunci Tali Sling : Berfungsi sebagai pengunci/pengencang tali sling
13. Plat 30 mm : Berfungsi sebagai dudukan pipa steam/tiang dan meja spesimen
14. Dudukan/kaki Tumpuan Alat : Berfungsi sebagai dudukan/kaki dari alat uji

a. Pengoprasian Mesin Uji *Impact* Jatuh Bebas

1. Memasang pipa *steam* a dan b pada plat 30 mm dan diputar secara bersamaan sampai deratan masuk sepenuhnya.
2. Memasang pipa *steam* c dan d pada plat 16 mm dan diputar secara bersamaan sampai setengah dari deratan.
3. Memasang soket penyambung pada pipa a dan b sampai ketat, kemudian menyambungkan pipa c dan d pada soket yang telah terpasang pada pipa a dan b dan diputar secara bersamaan.
4. Memasang tali sling dan pengencangnya setelah memasukan pipa sling pada *impector*.
5. Memasang katrol pada plat 16 mm beserta tali tambang untuk menarik *impector*.
6. Memasang kaki dudukan mesin uji pada posisi horizontal.

7. Mendirikan mesin uji keposisi vertikal.

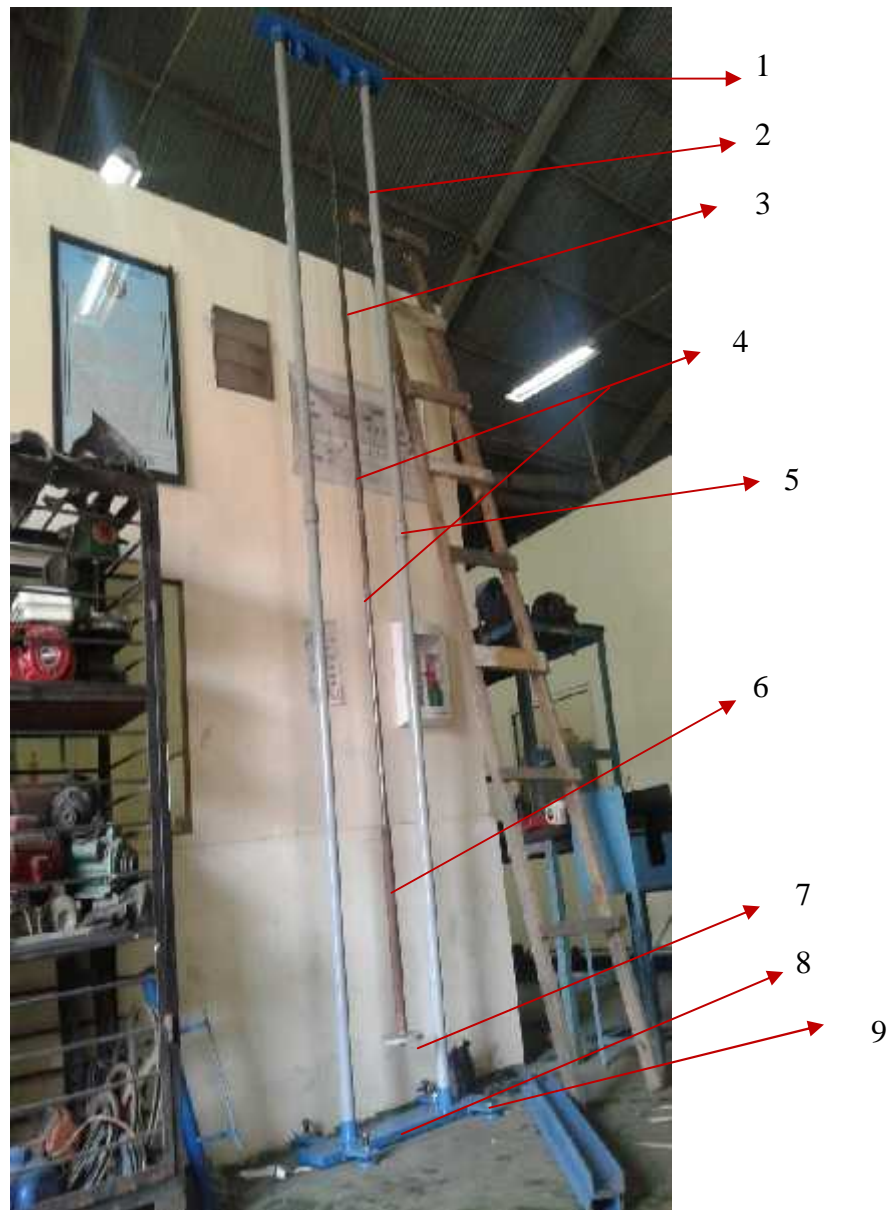
8. Memasang kaki meja spesimen pada plat 30 mm dan memasang *load cell* berserta dudukannya setelah itu memasang meja spesimen.

b. Cara Kerja Mesin Uji *Impact* Jatuh Bebas

Cara kerja mesin uji *Impact* jatuh bebas adalah dengan cara menarik *impector* dengan tali tambang sampai dengan batas ketinggian yang diinginkan. Kemudian membiarkan *impector* jatuh bebas sampai menghantam spesimen pada meja spesimen dan mencatat hasil pengujian yang terekam pada *load cell*.

Metode kedua yaitu adalah metode uji *Impact* vertikal batang *hopkinson*. Alat ini seperti pada gambar 4.12 tidak jauh berbeda dari mesin uji jatuh bebas, hanya saja menggunakan sensor dan cara penggunaan metode yang tidak sama juga penggunaan material yang berbeda sewaktu pengujian dengan metode *Impact* vertikal batang *hopkinson*. Alatuji *Impact* vertikal ini adalah alat pengujian tarik yang menggunakan gaya dari gravitasi bumi sebagai sumber tenaganya.

2. Metode Uji *Impact* Vertikal



Gambar 4.13 Mesin Uji *Impact* Vertikal Batang *Hopkinson*

Keterangan :

1. Plat Besi 16 mm : Berfungsi sebagai tempat katrol dan penutup alat
2. Pipa *Steam* : Berfungsi sebagai tiang penyanggah alat
3. Besi AS/Baja Karbon : Berfungsi sebagai *input* dan *output bar*
4. Sensor *Strain Gage* : Berfungsi sebagai pembaca nilai saat pengujian

5. Soket : Berfungsi sebagai penyambung antara pipa *steam*/tiang penyanggah
6. *Striker* : Berfungsi beban uji *Impact*
7. *stopper* : Berfungsi sebagai tempat berhentinya *striker*
8. Plat 30 mm : Berfungsi sebagai dudukan pipa *steam*/tiang
9. Dudukan/kaki Tumpuan Alat : Berfungsi sebagai dudukan/kaki dari alat uji

a. Pengoprasian Mesin Uji *Impact* Jatuh Bebas

1. Memasang pipa *steam* a dan b pada plat 30 mm dan diputar secara bersamaan sampai deratan masuk sepenuhnya.
2. Memasang pipa *steam* c dan d pada plat 16 mm dan diputar secara bersamaan sampai setengah dari deratan.
3. Memasang soket penyambung pada pipa a dan b sampai ketat, kemudian menyambungkan pipa c dan d pada soket yang telah terpasang pada pipa a dan b dan diputar secara bersamaan.
4. Memasang kaki dudukan mesin uji pada posisi hirizontal.
5. Mendirikan mesin uji keposisi vertikal.
6. Memasang besi AS batang pertama pada plat besi 16 mm dan diikat menggunakan klem besi 40 mm pada bagian atas plat 16 mm yang sudah terpasang sensor *strain gage*.
7. Memasang stopper pada besi AS batang kedua yang telah terpasang sensor *strain gage* kemudian memasukan *striker*.
8. Menghubungkan besi AS batang kedua pada besi AS batang pertama dengan menggunakan baut ulir atau spesimen pada waktu pengujian.

b. Cara Kerja Mesin Uji *Impact* Vertikal Batang Hopkinson

Cara kerja mesin uji *Impact* vertikal batang hopkinsn adalah dengan cara pengujian spesimen dicekam oleh kedua besi AS/baja karbon, kemudian memposisikan *stiker* pada ketinggian yang ditentukan dan membiarkan *striker* jatuh bebas menghantam *stopper* yang terpasang pada batang kedua besi AS dan secara otomatis akan menarik spesimen. Nilai regangan pada spesimen dan besi AS akan tersimpan pada sensor *strain gage* kemudian diteruskan pada komputer dalam bentuk digital

4.4 Spesifikasi Mesin Uji *Impact* Vertikal

Pada perancangan mesin uji *Impact* vertikal yang telah dilakukan. ada beberapa spesifikasi untuk alat uji impak vertikal .spesifikasi alat ini dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2 Spesifikasi Mesin Uji *Impact* Vertikal

No	Komponen	Bahan	Keterangan
1	Pipa Steam	Carbon Stell ASTM A53	Panjang 200 mm Diameter 2 inch, 4 batang
2	Plat Besi 30 mm	Carbon Stell ASTM A36	Panjang 1000 mm Lebar 200 mm
3	Plat Besi 16 mm	Carbon Stell ASTM A36	Panjang 840 mm Lebar 150 mm
4	Baut L	ISO 4017	3/8 Panjang 1 ^{1/2} inch 8 buah
5	Baut	ISO 4017	7/8 panjang 3 inch 4 buah
6	Soket		2 inch 6 buah
7	Besi AS	Baja Karbon JIS S45C	Panjang 2500 dan 1900 diameter 32 mm

4.5 Hasil Pengujian *Impact* Gaya Jatuh Bebas Vertikal Pada Spesimen Komposit

Gambar spesimen dibawah adalah hasil dari ui coba pengujian yang dilakukan Mesin Uji *Impact* Gaya Jatuh Bebas Vertikal dengan ketinggian 4 m, dan

Variasi serat yang berbeda dari ketiga spesimen tersebut. Seperti gambar 4.10 hasil pengujian impact gaya jatuh bebas vertikal dibawah ini.



Gambar 4.14 Hasil Pengujian impact Gaya Jatuh Bebas Vertikal specimen komposit

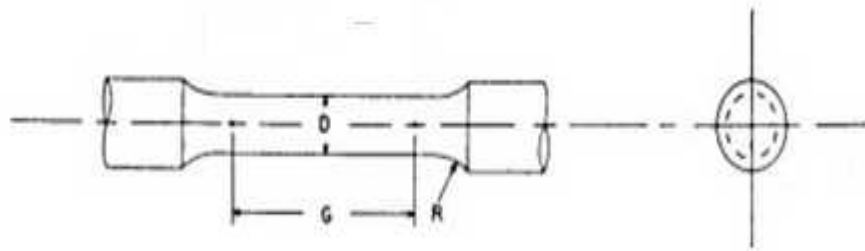
4.6 Hasil Data Perbandingan

Adapun hasil yang di dapat dari pengujian impact gaya jatuh bebas yang dilakukan adalah mendapatkan,tekanan impact,mendapatkan hasil,dari semua percobaan yang telah dilakukan pada saat pengujian dilakukan,ada pun hasil yang di dapat dilihat pada gambar tabel 4.3 Data percobaan dibawah ini.

Tabel 4.3 Data Hasil Percobaan

Percobaan	Berat Spesimen	Waktu (S)	Tegangan (σ)	Tinggi (H)
spesimen 1	138 gr	1,60	3,52	4
Spesimen 2	133 gr	1,43	4,82	4
spesimen 3	131 gr	1,03	3,44	4

4.7 Dimensi bentuk ukuran uji tarik spesimen kuningan



Gambar4.15 Dimensi Spesimen kuningan

Tabel 4.4 Dimensi Spesimen

No.	Spesimen	Dimensi		
		Diameter (D)	Panjang Ukur (G)	Radius (R)
1.	1	$6,0 \pm 0,1$ mm	$30 \pm 0,1$ mm	4 Mm

4.8 Hasil Pengujian Impack Vertikal Batang Hopkinson

4.8.1 Hasil Pengujian Spesimen Statis

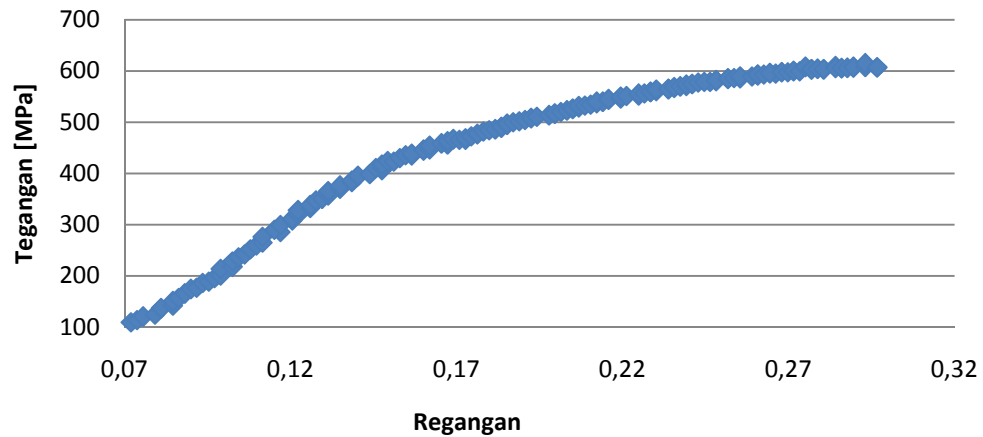
Bentuk spesimen setelah pengujian statis dapat dilihat pada gambar 4.16



Gambar 4.16 Hasil Statis Kuningan

Grafik Tegangan Regangan Statis

Berikut adalah hasil grafik tegangan regangan setelah pengujian statis(uji tarik) pada bahan kuningan, dengan gaya (maximum force) yang dihasilkan 1772,92 kg. Grafik tegangan vs regangan dapat dilihat pada gambar 4.17



Gambar 4.17 grafik tegangan (MPa) vs Regangan

Berikut data yang diketahui:

$$L_0 = 30 \text{ mm}$$

$$L_i = 38,7 \text{ mm}$$

$$r = 3 \text{ mm}$$

$$F = 1772,92 \text{ kg} = 1772,92 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N} = 17.374,61$$

Berdasarkan data spesimen uji statis berbahan kuningan, maka di dapatkan hasil berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang} \quad A &= f \cdot r^2 \\ &= 3,14 \cdot 3^2 \\ &= 28,26 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan} \quad \dagger &= \frac{F}{A} \\
 &= \frac{17.374,61 N}{28,26 mm^2} \\
 &= 614,81 MPa
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Regangan} \quad v &= \frac{L_i - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L} \\
 &= \frac{38,7 - 30}{30} = \frac{8,7}{30} \\
 &= 0,29
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus elastisitas} \quad E &= \frac{\dagger}{v} \\
 &= \frac{614,81 MPa}{0,29} \\
 &= 2120,03 MPa
 \end{aligned}$$

4.9 Hasil Pengujian Spesimen Dinamik

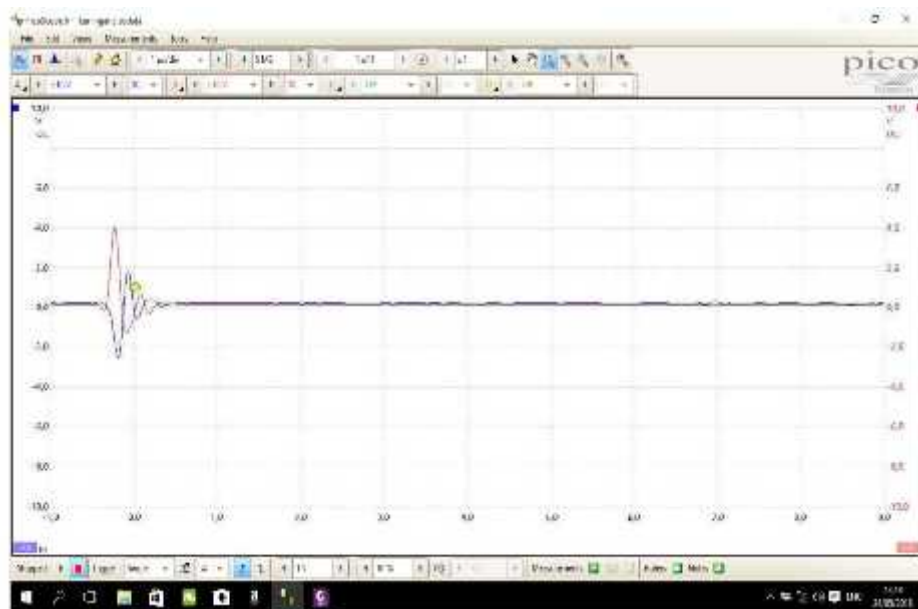
Berikut adalah hasil pengujian dinamik dengan menggunakan 1 spesimen yang berbahan kuningan, bentuk spesimen setelah pengujian dinamik dapat dilihat pada gambar 4.18



Gambar 4.18 Hasil Dinamik Kuningan

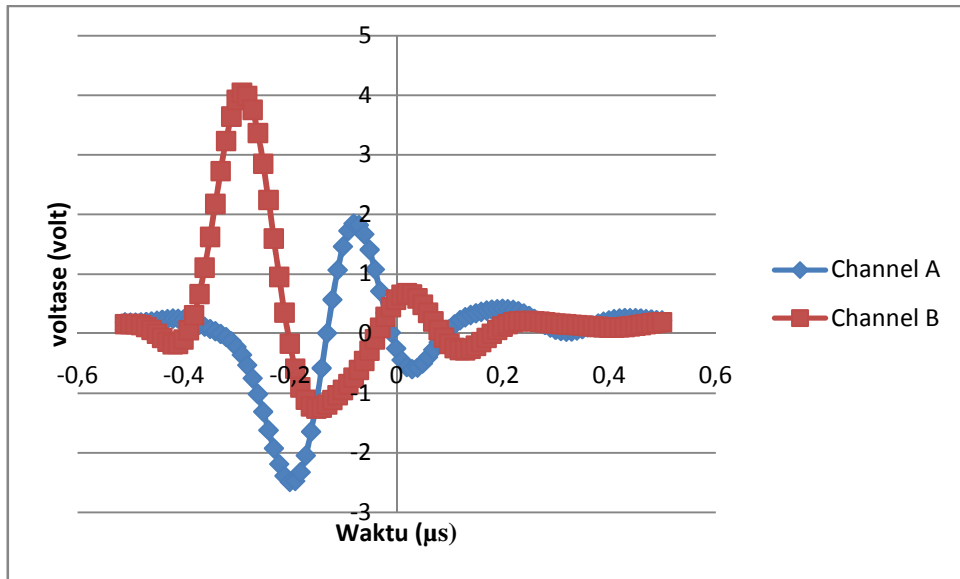
4.9.1 Grafik volt vs waktu

Berikut adalah hasil pengujian dinamik spesimen berbahan kuningan yang menghasilkan grafik volt vs waktu, yang diperoleh dari software picoscope, dapat dilihat pada gambar 4.19



Gambar 4.19 Grafik Volt vs Waktu

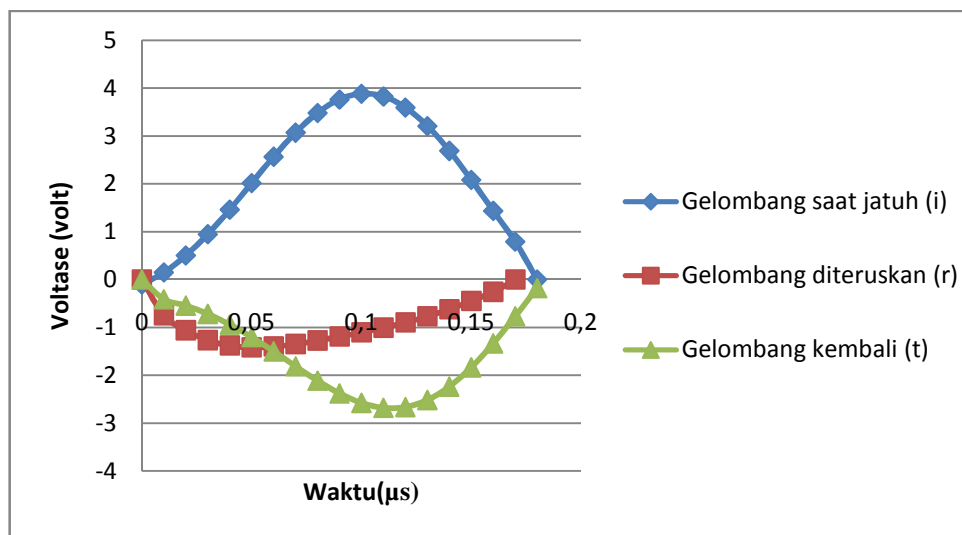
adalah hasil gelombang volt vs waktu setelah di save dalam bentuk data Berikut microsoft office excel, dapat dilihat pada gambar 4.20



Gambar 4.20 Grafik Volt vs Waktu disimpan dalam Excel

4.9.2 Gelombang Channel A

Berikut adalah hasil gabungan grafik gelombang saat jatuh, gelombang diteruskan, gelombang kembali, yang didapat dari gelombang channel A, dapat dilihat pada gambar 4.21



Gambar 4.21 Hasil data grafik incident, reflected, transmitted

Untuk mengubah voltase menjadi regangan diterapkan perhitungan dan rumus pada bawah ini :

$$\begin{aligned}\text{Gelombang saat jatuh (i)} \quad v_o &= \frac{4 \cdot e_o}{E \cdot K_s} \\ &= \frac{4 \cdot 0,79}{8,7 \cdot 2,08} \\ &= 0,17\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gelombang diteruskan (r)} \quad v_o &= \frac{4 \cdot e_o}{E \cdot K_s} \\ &= \frac{4 \cdot (0,57)}{8,7 \cdot 2,08} \\ &= 0,18\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gelombang Kembali (t)} \quad v_o &= \frac{4 \cdot e_o}{E \cdot K_s} \\ &= \frac{4 \cdot (0,55)}{8,7 \cdot 2,08} \\ &= 0,18\end{aligned}$$

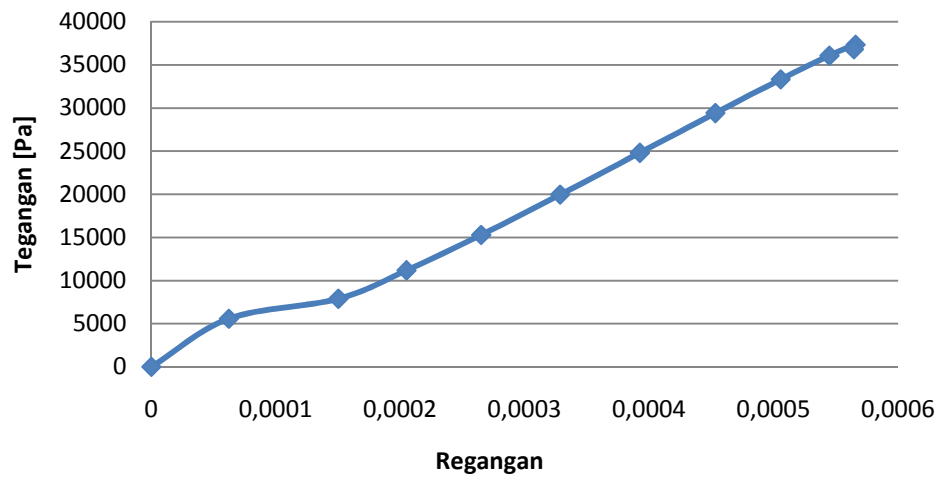
Berikut data perhitungan dan grafik yang diketahui setelah pengujian dinamik:

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang} \quad A &= f \cdot r^2 \\ &= 3,14 \cdot 1,5^2 \\ &= 7,065 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Modulus elastis} \quad E = 200 \text{ Gpa}$$

4.9.3 Grafik Tegangan vs Regangan

Berikut adalah pengujian 1 spesimen kuningan, dengan hasil grafik tegangan vs regangan, dengan nilai maksimum tegangan 36812,11 (pa) dan regangan maksimum 0,000564 (mm/mm), dapat dilihat pada gambar 4.22



Gambar 4.22 Grafik Tegangan (pa) vs Regangan (mm)

Berdasarkan hasil diagram diatas dapat dihasilkan perhitungan pada tegangan dinamik dengan persamaan dibawah ini:

$$\text{Tegangan dinamik} \quad \ddot{t}_s(t) = \frac{EA_2}{2A_s} [v_I + v_R - v_T]$$

$$= \frac{200 \cdot 7,065}{2 \cdot 7,065} [3,23]$$

$$= 36812,11 \text{ Pa}$$

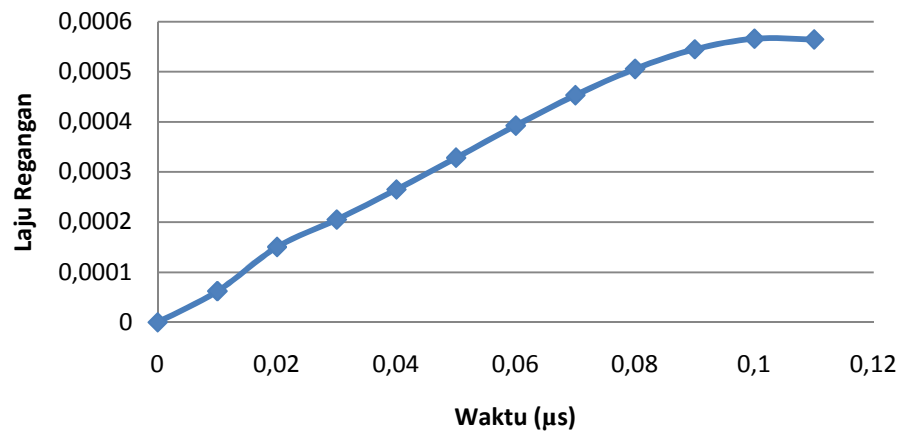
$$\text{Regangan dinamik} \quad v_s(t) = \frac{C_o}{l_o} \int_0^t [v_I - v_R + v_T]$$

$$= \frac{5960}{33 \cdot 10^{-3}} [3,68]$$

$$= 56 \times 10^{-5}$$

4.9.4 Grafik Laju Regangan vs Waktu

Berikut adalah hasil spesimen berbahan kuningan setelah diuji dinamik menghasilkan, grafik Regangan vs waktu dengan nilai maksimum laju regangan 0,00056(mm/mm) dan waktu maksimum 0,11 (μs), dapat dilihat pada gambar 4.23



Gambar 4.23 Grafik Regangan vs Waktu (μs)

Berdasarkan hasil diagram diatas dapat dihasilkan perhitungan pada regangan dinamik dengan persamaan dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Laju regangan dinamik} \quad \dot{v}(t) &= \frac{C_o}{l_o} [v_I + v_R + v_T] \\
 &= \frac{5960}{33 \cdot 10^{-3}} [3,68] \\
 &= 56 \times 10^{-5}
 \end{aligned}$$

4.10 Biaya Pembuatan Mesin Uji Impact Vertikal

Adapun biaya pembuatan mesin uji *impact* vertical ini terlampir pada tabel

4.5 dibawah ini :

Tabel 4.5 Biaya Pembuatan Mesin Uji *Impact* Vertikal

No	Jenis Material	Jumlah	Jumlah Harga (Rp)
1	Pipa <i>steam</i> 4		690.000
2	Besi AS/Padu	2	518.000
3	Plat Besi 30 mm	1	624.000
4	Plat Besi 16 mm	1	200.000
5	Soket	4	200.000
6	Katrol	2	45.000
7	Baut L	8	74.000
8	Kawat Sling & Span	10 METER	56.000
9	Tali Tambang	16 METER	25.000
10	Klem 40 mm	1	45.000
11	Beban Uji	2	50.000
12	<i>Load cell</i> 4		200.000
13	<i>Strain Gage</i> 1		200.000
14	Pembuatan Ulir		1000.000
15	Cat & Tinner	2	95.000
	Jumlah		4.022.000

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada perancangan alat manufaktur mesin uji *Impact* vertikal ini didapat beberapa kesimpulan yaitu :

1. Dari perancangan yang telah dilakukan dalam penelitian ini maka dapat disimpulkan perancangan mesin uji *impact* vertical jatuh bebas menggunakan bahan bahan yang mudah didapat dengan spesifikasi sebagai berikut ini ,Pipa steam dengan bahan carbon stell ,plat besi 30 mm dengan bahan carbon stell A36 ,Plat besi 16 mm dengan bahan carbon stell A36 baut L bahan ISO 4017 , Baut dengan bahan ISO 4017 ,besi as dengan bahan baja carbon JIS S45C
2. Sesuai dengan tujuan yang telah di sebutkan mengenai cara kerja sudut pandang manufaktur bahwasannya alat uji impact vertical ini telah dapat digunakan untuk proses pengujian di lab umsu.
3. Setelah dilakukan analisa perancangan alat ini ,maka anggaran biaya yang diperlukan sebesar \pm Rp.4.000.000.

5.2 Saran

1. Pada penelitin pembuatan mesin uji *Impact* vertikal penulis menyadari bahwa rancang bangun alat uji *Impact* vertikal ini masih belum cukup sempurna terutama pada keseimbangan alat uji.

2. Pada saat melakukan pengujian dan penggunaan alat penulis menyarankan agar dari segi keamanan dan prosedur penggunaan alat haruslah sangat diperhatikan, agar tidak terjadinya kejadian yang tidak diinginkan.
3. Pemasangan sensor khususnya sensor *strain gage* haruslah dilakukan sangat hati-hati dan dijaga dengan baik karna sifatnya yang sensitif.
4. Pada riset berikutnya penulis menyarankan agar selanjutnya dalam pengembangan alat pembuatan mesin uji *Impact* vertikal ini harus diperhitungkan lagi keseimbangannya dan perhitungan yang tepat.

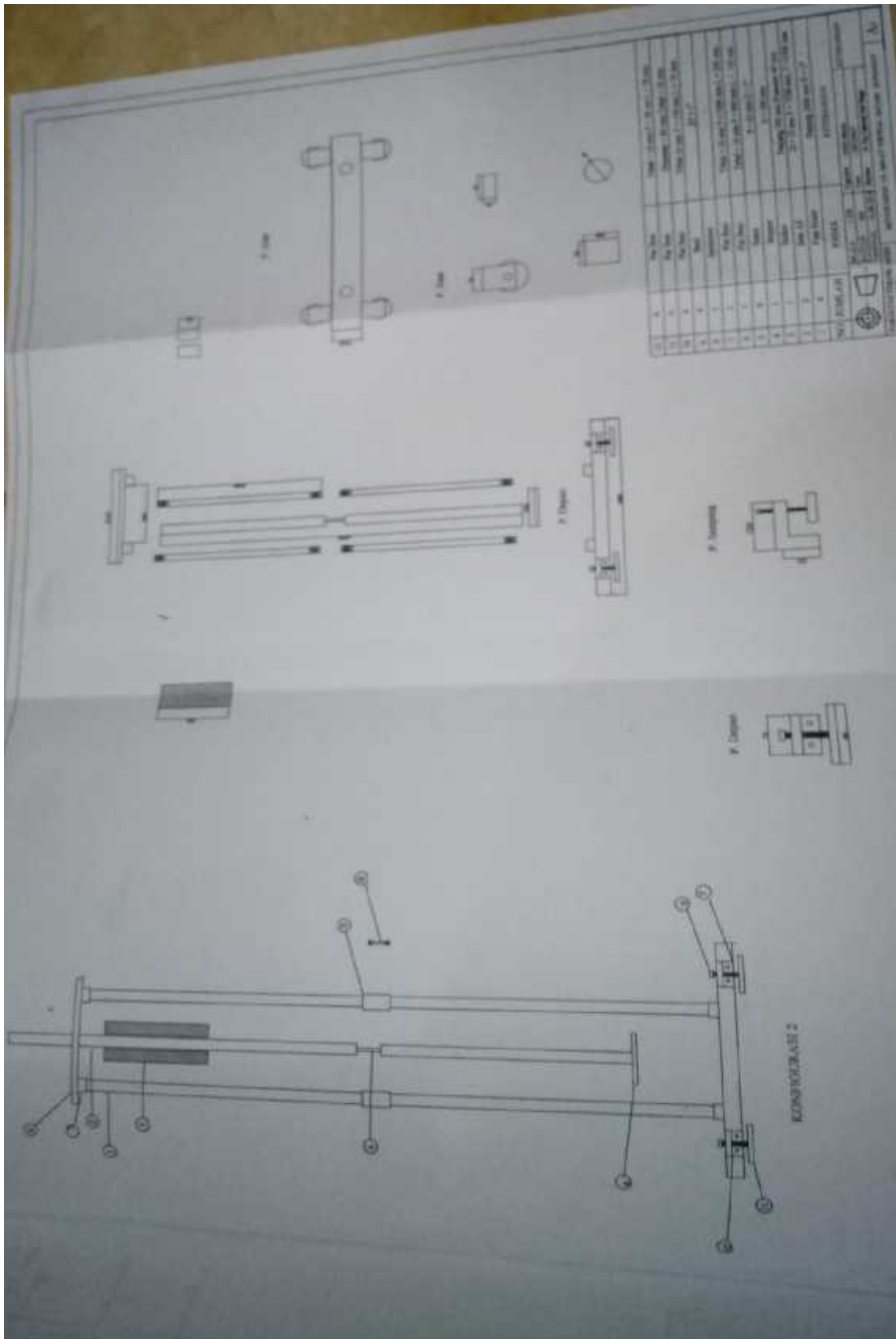
DAFTARPUSTAKA

- Birch, RS (2003) Design Of A Split Hopkinson Pressure Bar. *International congress of Mechanical Engineering*, University of Liverpool hal 10-14
- Bohloli, Bahman. (1997) Effects Of The Geological Parameters On Rock Blasting Using The Hopkinson Split Bar. *Department of Geology*. Vol 34 hal 3-4.
- Kaban, N.L., Syam, B. (2014) Pengaruh Pembebanan Impak Jatuh Bebas Pada Concrete Foam Dengan Variasi Komposisi Poliuretan Yang Diperkuat Serat Tkks. *Jurnal e-Dinamis*, Vol 10(2) hal 135 – 142
- Kaiser, M.A (1998) Advancements in the Split Hopkinson Bar Test, *Mechanical Engineering*, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, 94 pages.
- Prasetio, Muhammad, Bugi., Ritonga, D, A, A. (2016) Pengaruh Gaya Impak Jatuh Bebas Terhadap Kekuatan Stainless Steel 201. *Jurnal dinamis*, hal 1-10.
- Simanjuntak, Rahmat, Kartolo. (2011) Pengukuran Energi Impak Helmet Sepeda Motor Akibat Beban Impak Jatuh Bebas Dengan Anvil Plat Datar. *Jurnal Dinamis*, Vol 1(9) hal 21 – 25.
- Shigley, Joseph E., 2008, *Mechanical engineering Design*, 8 th Ed., New York : mc. Graw Hill ,co.
- Tasneem, Nazia (2002) Study Of Wave Shaping Techniques Of Split Hopkinson Pressure Bar Using Finite Element Analysis. *Departement of Mechanical Engineering*, Osmania University. hal 1-77.
- Verleysen, Patricia., Degrieck, Joris. (2000) Non-homogeneous and multi-axial stress distribution in concrete specimens during split Hopkinson tensile tests. *Computers and Structures*, vol 77 hal 669-676.

www.elektronika-dasar.web.id

LAMPIRAN





DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama	: Abdul Rahman
NPM	: 1307230187
Tempat/ Tanggal Lahir	: Kuala Tanjung, Desa Lalang 21 Febuari 1995
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Agama	: Islam
Status	: Belum Menikah
Alamat	: Kuala Tanjung ,Desa Lalang
Kel/Desa	: Desa Lalang
Kecamatan	: Medang Deras
Kabupaten	: Batu Bara
Provinsi	: Sumatera Utara
Nomor HP/ WA	: 082276750126
E-Mail	: abdulrahmanguideriver@gmail.com
Nama Orang Tua	
Ayah	: H. Rojali
Ibu	: Hj. Aminah

PENDIDIKAN FORMAL

2001-2007	: SD N 018440 Desa Lalang
2007-2010	: SMP N 1 Medang Deras
2010-2013	: SMK N 1 Air Putih
2013-2018	: Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara